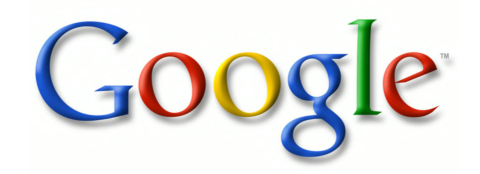









600037410L

GUIDE

DU SONDEUR

GUIDE

DU SONDEUR

Paris. — Typ. P.-A. Bourdier et Cie, rue Mazarine. 30.

GUIDE

DU SONDEUR

OU

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE

DES SONDAGES

PAR

MM. DEGOUSÉE ET CH. LAURENT

Ingénieurs civils, fabricants d'équipages de sonde, entrepreneurs
de sondages pour les puits artésiens, les desséchements, la recherche des mines, l'étude des chemins
de fer et canaux.

OUVRAGE ACCOMPAGNÉ D'UN GRAND NOMBRE DE FIGURES DANS LE TEXTE

Et d'un Atlas.

DEUXIÈME ÉDITION

REVUE, CORRIGÉE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

TOME SECOND

PARIS

GARNIER FRÈRES, LIBRAIRES-ÉDITEURS

6, RUE DES SAINTS-PÈRES, ET PALAIS-ROYAL, 215

1861

GUIDE
DU SONDEUR

CHAPITRE VII

DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE SONDAGE.

Plusieurs systèmes de sondage ont été mis en pratique depuis les époques les plus reculées jusqu'à nos jours, et, dans ces derniers temps, les systèmes créés par d'autres sondeurs et par nous ont éprouvé maintes modifications ; ces différents modes peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

1° Le système chinois, consistant en un mouton pesant, mû par percussion au moyen d'une corde plus ou moins extensible.

2° Le système artésien, anglais et allemand, qui substitue à la corde des tiges en fer.

3° Le système prussien, unissant des tiges rigides en fer à des tiges en bois ferré.

4° Le système français, de la société Fréminville, consistant dans l'emploi de la sonde des Chinois adaptée à l'extrémité d'une colonne de garantie qui descend avec l'outil perforateur.

5° Le système de sonde creuse, se défaisant par parties, à la manière des tiges à vis ordinaires, et à l'extrémité de laquelle s'opère la percussion à l'aide d'une corde descendue intérieurement. Ce système diffère essentiellement du précédent, en ce que la colonne de fer n'est autre chose qu'une suite de tiges servant de guide à la corde, tandis que dans le premier, la colonne demeure dans le sondage pour y maintenir les terrains.

6° Le système Fauvelle, qui emploie les tiges creuses, comme le précédent, pour conduire l'outil travailleur, et la pompe foulante pour ramener les détritus au sol.

7° Les différents systèmes ordinaires que nous employons, qui participent, suivant l'usage, les terrains et les profondeurs à atteindre, des systèmes artésiens, anglais ou allemands, mais mis en œuvre avec les nombreux perfectionnements que trente ans d'expérience ont apportés.

8° Le système Kind, à chute libre ou déclic au moyen d'un disque mis en mouvement par la résistance que lui offre l'eau.

9° Notre système à chute libre ou déclic au moyen de la résistance d'un poids mort couplé au trépan, système que nous employons depuis 1853 dans nos sondages profonds, et dont le succès est aujourd'hui assuré.

Nous allons examiner successivement tous ces systèmes et en déduire les inconvénients et les avantages : tous peuvent être employés avec succès dans certaines couches; quelques-uns ne sont pas applicables dans d'autres.

SYSTÈME CHINOIS.

Le système chinois a été compris, exécuté et surtout pré-

conisé par M. Jobard de Bruxelles. Il a été mis en pratique par M. Selligue dans le bassin de Paris, à Troyes et ailleurs par beaucoup d'autres foreurs; nous donnons plus loin les résultats obtenus par quelques-uns d'entre eux.

On comprend qu'une masse en fonte ou en fer, disposée d'une manière plus ou moins ingénieuse, et attachée à l'extrémité d'une corde à l'aide de laquelle on lui communique un mouvement de percussion, devait être et fut probablement la première sonde.

Un équipage de sonde si simple et si peu coûteux, s'il eût pu bien fonctionner, n'aurait certes jamais forcé de recourir aux moyens plus onéreux, admis aujourd'hui. Examinons donc son origine en France, les différents essais qui en ont été faits et quels ont été les résultats.

SONDAGE CHINOIS.

Nous avons déjà vu dans le précis historique que les Chinois, d'après le missionnaire Imbert, pratiquent des trous de 5 à 600 mètres de profondeur par cette méthode. Nous savons également que ce moyen a été employé, au moins accidentellement, en Europe, en Asie et en Afrique, à une époque qui remonte aux temps bibliques.

Depuis 1827, époque à laquelle on connut à Paris la description du sondage chinois par la relation du missionnaire Imbert, nous n'avons jamais appris qu'un nouvel écrit fût venu confirmer cette première assertion, qui aujourd'hui a plus de trente-cinq ans de date. Nous ne voulons pas douter de la véracité de ce récit; mais pourtant nous tenons à nous mettre en garde contre les erreurs involontaires d'un

homme étranger au métier, et dont la description d'ailleurs laisse ignorer des détails qui sont de la plus grande importance.

« Il y a, dit le père Imbert, quelques dizaines de mille de « ces puits salants dans un espace d'environ dix lieues de « long sur quatre ou cinq de large. Chaque particulier un « peu riche se cherche quelque associé et creuse un ou plu- « sieurs puits. C'est une dépense de 7 à 8,000 francs. Leur « manière de creuser ces puits n'est pas la nôtre. Ce peuple « vient à bout de ses desseins avec le temps et la patience, « et avec bien moins de dépense que nous. Il n'a pas l'art « d'ouvrir les rochers par la mine, et tous les puits sont dans « le rocher. Ces puits ont ordinairement de 1,500 à 1,800 pieds « français de profondeur, et n'ont que 5 ou au plus 6 pouces « de largeur. Voici leur procédé : Si la surface est terre de « 3 ou 4 pieds de profondeur, on y plante un tube de bois « creux, surmonté d'une pierre de taille qui a l'orifice désiré « de 5 ou 6 pouces; ensuite on fait jouer dans ce tube un « mouton ou tête d'acier, de 300 ou 400 livres pesant. Cette « tête d'acier est crénelée en couronne, un peu concave par- « dessus et ronde par-dessous. Un homme fort, habillé à la « légère, monte sur un échafaudage, et danse toute la mati- « née sur une bascule qui soulève cet éperon à 2 pieds de « haut, et le laisse tomber de son poids; on jette de temps en « temps quelques seaux d'eau dans le trou pour pétrir es « matières du rocher et les réduire en bouillie. L'éperon ou « tête d'acier est suspendu par une bonne corde de rotin, « petite comme le doigt, mais forte comme nos cordes de « boyau. Cette corde est fixée à la bascule; on y attache un « bois en triangle, et un autre homme est assis à côté de la

« corde. A mesure que la bascule s'élève, il prend le triangle « et lui fait faire un demi-tour, afin que l'éperon tombe dans « un sens contraire. A midi il monte sur l'échafaudage, pour « relever son camarade jusqu'au soir. La nuit, deux autres « hommes les remplacent. Quand ils ont creusé 3 pouces, on « tire cet éperon avec toutes les matières dont il est surchargé « (car je vous ai dit qu'il était concave par-dessus), par le « moyen d'un grand cylindre qui sert à rouler la corde. De « cette façon, ces petits puits ou tubes sont très-perpendicu- « laires et polis comme une glace. Quelquefois tout n'est pas « roche jusqu'à la fin; mais il se rencontre des lits de terre, de « charbon, etc., alors l'opération devient des plus difficiles et « quelquefois infructueuse; car les matières n'offrant pas une « résistance égale, il arrive que le puits perd sa perpendicu- « laire; mais ces cas sont rares. Quelquefois le gros anneau « de fer qui suspend le mouton vient à casser; alors il faut « cinq ou six mois pour pouvoir, avec d'autres moutons, « broyer le premier et le réduire en bouillie. Quand la roche « est assez bonne, on avance jusqu'à 2 pieds dans les vingt- « quatre heures. On reste au moins trois ans pour creuser un « puits. Pour tirer l'eau, on descend dans le puits un tube de « bambou, long de 24 pieds, au fond duquel il y a une sou- « pape; lorsqu'il est arrivé au fond du puits, un homme fort « s'assied sur la corde et donne des secousses, chaque se- « cousse fait ouvrir la soupape et monter l'eau; le tube étant « plein, un grand cylindre en forme de dévidoir, de 50 pieds « de circonférence, sur lequel se roule la corde, est tourné « par deux, trois ou quatre buffles ou bœufs, et le tube « monte; cette corde est aussi de rotin. L'eau est très-sau- « mâtre; elle donne à l'évaporation un cinquième et plus, et

« quelquefois un quart de sel. Ce sel est très-âcre et contient « beaucoup de nitre. »

Sur les doutes qui s'élevèrent au sujet de cette description, M. Langlois, supérieur des missions, écrivit au père Imbert que sa rel· tion était critiquée par les savants, et même qu'il était accu é de mensonge. Celui-ci, craignant s'être trompé, dit-il, fit un long voyage pour aller vérifier ses chiffres, vers la région des puits de sel, et écrivit une nouvelle lettre dans laquelle il disait :

« J'ai mesuré la circonférence du cylindre en bambou sur « lequel s'euroule la corde qui remonte les instruments du « fond du puits, j'ai mesuré le nombre de tours de cette « corde. Le cylindre a 50 pieds de tour et le nombre de tours « de la corde est de 62. Comptez vous-même si cela ne fait « pas 3,100 pieds; ce cylindre est mis en mouvement par « deux bœufs mis à un manége; la corde n'est pas plus « grosse que le doigt, elle est faite en lanières de bambou et « ne souffre pas de l'humidité. »

Comme on le voit, tout l'appareil se compose de l'outil foreur avec une soupape, une corde, un tambour pour l'enrouler et un simple levier A B C (pl. 5, *fig.* 1), à l'extrémité C duquel on attachait, pour le battage, la corde fixée à l'instrument; les hommes agissaient par leur poids sur le grand bras de levier (ils eussent pu le tirer avec des cordes et opérer également l'ascension et la chute de l'outil foreur).

Analysons donc sincèrement les faits énoncés dans ce récit. D'abord le nombre de puits, *quelques dizaines de mille*, nous paraît bien vague, et nous comprenons difficilement, surtout en nous rendant compte de la richesse salifère de l'eau, qui

serait presque à son maximum de saturation, l'emploi des produits d'une semblable exploitation.

Tous ces puits sont dans le rocher. — Il est bien fâcheux qu'on ignore encore aujourd'hui la nature géologique de cette roche, car là nous trouverions peut-être la raison de cette manière de forer. Ce terrain doit être bien exceptionnel, et nous avouons que, dans aucun sondage pour recherches de sel, un terrain semblable ne s'est présenté, et qu'en France au moins, les terrains recouvrant le sel sont d'une nature bien différente et peuvent être rangés dans la catégorie de ceux qui repoussent ce procédé de sondage.

On jette de temps en temps quelques seaux d'eau dans le trou pour pétrir les matières du rocher et les réduire en bouillie. — Ici encore se trouve une anomalie qui ne se rencontre jamais à notre connaissance, si ce n'est au commencement d'un forage, et tout au plus jusqu'à 25 ou 30 mètres (à moins qu'on ne fasse un forage sur une montagne), l'égout des terres suffit généralement au bout de quelques mètres pour abreuver le trou de sonde. Cette phrase nous porte à croire que le père Imbert n'a vu que commencer un forage.

Quelquefois tout n'est pas roche jusqu'à la fin ; mais il se rencontre des lits de terre, de charbon, etc.; alors l'opération devient des plus difficiles et quelquefois infructueuse. — Évidemment, c'est toujours là que sera l'écueil du système à la corde. Des terrains quelque peu éboulants, des argiles coulantes, une roche susceptible de se déliter, et par là même de laisser tomber sur l'outil quelques fragments faisant coin, amèneront inévitablement l'insuccès, et, sur six cents forages, cinq cent quatre-vingt-quinze au moins sont dans ce cas en France. Il est à regretter que depuis plus de trente ans, les

relations avec l'empire de la Chine n'aient pas amené de nouveaux éclaircissements sur ce point de l'industrie chinoise; probablement que quelques nouveaux faits permettraient de juger plus exactement la facilité merveilleuse avec laquelle se font les travaux décrits par le père Imbert.

SONDAGES DE M. SELLO, A SARREBRUCK.

M. Sello est évidemment, jusqu'à ce jour, l'ingénieur qui se soit servi aveo le plus d'avantage du système de sondage à la corde; mais aussi il faut avouer qu'il s'est attaqué aux terrains les plus propices à ce procédé, et nous croyons fortement que c'est à cette circonstance, qui n'avait point échappé à sa sagacité, que l'on doit les seuls exemples, en Europe, de résultats obtenus sans trop de mécomptes.

Son outillage se composait d'un trépan ordinaire de $0^m.47$ de longueur et de $0^m.12$ de diamètre (pl. 22, *fig.* 1), du poids de 18 kilogrammes, surmonté d'une tige tête de sonde en fonte, pesant 80 kilogrammes, dont la longueur était de $1^m.72$; elle portait, en haut et en bas, deux bagues évidées du diamètre du trépan (*fig.* 2). A l'anneau supérieur de cette tête de sonde s'attachait la corde en chanvre de $0^m.032$ de diamètre; on avait un tambour pour remonter la sonde, et un levier qui, avec une perche élastique, servait au battage. Lorsque le trou n'était pas parfaitement régulier, M. Sello employait un ciseau à quatre branches (*fig.* 3) qui le régularisait, et dont il eût généralisé l'emploi sans les difficultés que présentait son affûtage. Le prix total de cet appareil s'élevait à 564 fr. 55 c.

Le premier forage, poussé jusqu'à la profondeur de $51^m.15$,

fut commencé le 21 juillet 1832 à travers les formations horizontales du grès des Vosges, et, le 20 septembre suivant, il était terminé. Il avait, non compris l'outillage, coûté 251 francs. On ne peut nier que ce soit un beau résultat comme prix; mais, comme temps, il ne présente rien d'extraordinaire, et un sondage que nous avons commencé le 9 mai 1852, dans le même terrain, près Forbach, avec un diamètre de 0^m.25, était, le 5 juin suivant, à une profondeur de 65 mètres. Il avait été commencé au fond d'une excavation de 30 mètres; le 11 juin, il était à 75 mètres dans les grès houillers, et le 6 juillet, à 118 mètres; le travail se faisait de jour et de nuit. On voit donc que, dans ce terrain, le sondage à la corde, si on considère le diamètre et le désavantage que présente un appareil destiné à atteindre une profondeur de 300 mètres au minimum, ne donne comme vitesse aucun avantage.

Le second forage de M. Sello, commencé dans un puits de 24 mètres de profondeur, a atteint 54^m.85. Ces 30^m.85 de forage se sont faits en trente-sept jours de travail de vingt-quatre heures ou soixante-quatorze jours de travail ordinaire. Comme il fut nécessaire de tuber, le diamètre devint trop petit, et le manque d'outils à la corde fit employer ensuite, pour forer 13^m.95, la sonde à tige, mais probablement très-imparfaite, puisqu'on mit, avec un très-petit diamètre, cinquante-trois journées de vingt-quatre heures, ou cent-six journées de travail pour faire ces quelques mètres.

Depuis ces premiers essais, M. Sello entreprit dans des mines deux puits d'aérage du diamètre de 0^m.47; le premier, sur l'emplacement du trou de sonde dont il vient d'être parlé ci-dessus, n'a pas réussi, le trépan s'étant cassé et couché à plat au fond du forage. Les outils étaient ceux indiqués fig. 4,

5 et 6. Le second a atteint, en cinq cent quarante et une journées ordinaires, la profondeur de $73^{m}.32$; le mètre est revenu à 42 fr. 90 c. A ce prix, la sonde ordinaire peut encore fonctionner avantageusement et surtout d'une façon plus prompte, si l'on met simplement en dehors les bénéfices légitimes de l'entrepreneur, et, à plus forte raison, si l'on fait entrer en compte l'insuccès du premier de ces deux forages.

A la suite de ces travaux, M. Sello mit à profit l'avantage que lui présentait le débouché du trou de sonde dans une galerie de mines, et il constata les faits suivants : 1° Que le fait de torsion spontanée de la corde, lorsque la tête de sonde est garnie d'un anneau tournant, suffit pour faire tourner assez régulièrement l'outil lorsqu'il est d'un petit diamètre, mais devient insuffisant pour un diamètre de $0^{m}.47$, et qu'il faut y suppléer au moyen de la torsion à la main ;

2° Qu'à la profondeur de 75 mètres, une course de $0^{m}.52$ à la surface ne donne plus au fond qu'une chute de $0^{m}.26$. Il propose alors de substituer au câble de chanvre le câble en fil de fer. Il aurait été également important de constater, par un trou de quelques mètres, l'effet que venait ajouter à l'allongement du câble la résistance due à l'encombrement du puits par les détritus. Nous regrettons que M. Sello ne dise rien à ce sujet.

SONDAGE DE ROCHE-LA-MOLIÈRE.

En 1834, on entreprit, dans le bassin de Saint-Étienne, un sondage de 45 mètres avec des outils semblables à ceux de M. Sello, et les résultats ont été analogues : le forage a été assez prompt et peu coûteux ; mais on laisse ignorer les dépenses

occasionnées par l'élargissement du forage. On dit seulement que cette opération a été fort longue; on peut donc ajouter qu'elle a été coûteuse. Ce qui rend ce forage intéressant, ce sont les observations de M. Grüner, ingénieur des mines, qui consistent dans les conclusions suivantes :

« 1° Que les avantages du sondage à la corde sont incontes-
« tables pour les terrains que l'on peut traverser au ciseau,
« et pour les trous ayant au moins 40 ou 50 mètres de pro-
« fondeur;

« 2° Que le sondage avec des tiges est préférable lorsqu'il
« s'agit d'une profondeur de 20 à 30 mètres seulement (parce
« que le fonçage est plus rapide);

« 3° Que l'engin ordinaire peut très-bien être employé
« pour le sondage à la corde;

« 4° Qu'au moyen d'une tige suspendue à la corde par un
« anneau tournant et munie d'un ciseau simple, on peut
« forer un trou parfaitement cylindrique. »

Enfin, M. Grüner ajoute que, pendant l'élargissement du trou, il n'a été nullement gêné par les chutes fréquentes de rognons de minerai de fer, l'anneau qui cerclait les guides de la tige empêchait les débris de passer entre l'outil et les parois; il conseille, à ce sujet, l'emploi d'un grillage fixe à la partie supérieure de l'outil.

D'après ces deux expériences de MM. Sello et Grüner, on voit que le premier, comme le second, reconnaît que ce système ne peut être adopté que pour les terrains que l'on peut traverser au ciseau. Le premier fait observer que l'élasticité de la corde, à une certaine profondeur, est déjà très-sensible; le second reconnaît que les tiges sont préférables pour les 30 premiers mètres. Enfin, le premier ne peut

obtenir un trou cylindrique avec le ciseau plat, tandis que le second regarde cet instrument comme parfaitement suffisant.

SONDAGE DE M. FROMANN.

Le premier forage de M. Fromann a été fait à la suite d'un sondage à la tige qui avait 41^{m}.40, sur un diamètre de 0^{m}.182, et a atteint la profondeur de 80 mètres; l'avancement, dans le premier cas, avait été de 0^{m}.785 par poste de 12 heures, et pour le second, de 0^{m}.941, dans un terrain que l'on regarde comme plus dur; mais on supprime le temps perdu pour les réparations de plusieurs accidents causés par le fouet de la corde contre les parois du forage.

Le second forage, entrepris par le même sondeur dans un puits de 7^{m}.25 de profondeur, a atteint 91 mètres après un travail effectif de 513 heures; c'est un fort beau résultat, si, comme on le dit, les nombreux arrêts n'ont été occasionnés que par des faits étrangers au travail.

Enfin, M. Fromann a employé des outils analogues à ceux de M. Sello (pl. 22, *fig.* 7, 8, 9), mais auxquels il avait ajouté sur le guide inférieur de petits ciseaux à oreilles (*fig.* 10, 11, 12, 13), afin d'aléser les parois de son sondage et en assurer la verticalité. Le terrain était le grès bigarré, et, d'après ses calculs, le mètre de forage ne serait revenu qu'à 12 fr. 35; il faut remarquer que la journée de tous les ouvriers était de 1 fr. 12 c.

SONDAGE DE MM. JOBARD ET SELLIGUE.

M. Jobard est un des hommes qui ont le plus cherché à

introduire dans l'art des sondages le système chinois ; il a foré avec succès, dans les schistes anciens des environs de Marienbourg, un puits qui a atteint la profondeur de 25 mètres, sans la moindre difficulté. Son outil était un mouton en fonte, coulé en coquille et traversé par une tige de fer ayant la pointe acérée (pl. 22, *fig.* 14) ; les guides de sa tige avaient la forme d'une croix de Malte. M. Selligue, sous l'inspiration de M. Jobard, entreprit, en 1835, un puits à l'École militaire de Paris ; il atteignit la profondeur de 200 mètres ; là, son outil resta engagé, et, après des dépenses considérables, il fut obligé d'abandonner ce travail : il attachait son mouton en un point excentré par rapport à l'axe de cet instrument (*fig.* 15) ; cette suspension est avantageuse lorsque l'on veut creuser un trou d'un diamètre plus grand que celui de l'outil percuteur. Après l'accident, M. Jobard indiqua, comme moyen de le réparer, l'emploi d'une bombonne d'acide hydrochlorique qui, brisée sur l'outil engagé, eût rongé la craie et dès lors dégagé cet instrument. Nous n'avons jamais employé l'acide hydrochlorique à cet usage, mais nous avons cherché, par son action dissolvante, à désagréger des calcaires sableux dans le département des Ardennes ; nos essais ont été presque vains, et, malgré la différence de densité, l'acide s'est toujours trouvé étendu et affaibli par la présence de l'eau.

La machine, qui mettait la sonde en mouvement, était ingénieusement disposée. Nous l'avons indiquée (*fig.* 3, pl. 5). C'est un engrenage simple, dont la grande roue porte une couronne en fonte évidée circulairement ; un bouton H faisant suite à la corde A H, est fixé dans cette rainure, et peut librement la parcourir, moins l'espace qu'occupe le toc que l'on voit à côté de lui. Dans la position de la figure, l'outil est au fond

du trou; pour l'élever, on fait tourner la roue dans le sens de la flèche K; arrivé au point P, le bouton, qui n'est plus pressé par le toc, et qui est sollicité par le poids de l'outil, se relève en parcourant la demi-circonférence opposée à celle que le toc lui a fait décrire; celui-ci ne tarde pas à le rejoindre, et une succession de chutes indéfinie s'opère de la même manière.

FORAGES DE M. GOULET, A REIMS.

M. Jobard cite, comme autres exemples de sondage à la corde, ceux entrepris par M. Goulet, à Reims, et dit qu'en 1846 il était à son quatre-vingt-neuvième forage. Nous craindrions d'être indiscrets en demandant le nombre de ceux qui ont amené les résultats que l'on cherchait; il annonce même que M. Goulet a fait, en quelques semaines, un trou de sonde de 150 mètres de profondeur et qu'il a dû l'abandonner après y avoir engagé ses outils. Moins heureux que M. Jobard, nous n'avons jamais appris que la sonde de M. Goulet eût atteint une aussi grande profondeur.

SONDE FRANÇAISE DE M. CORBERON.

Nous croyons que, si un homme par son intelligence eût pu arriver à se servir avantageusement du système à la corde, c'était évidemment M. Corberon; mais nous avons lieu de croire aussi qu'il n'eût pas tardé à reconnaître l'inefficacité de ce procédé pour une profondeur un peu grande. Les essais de cet habile praticien, constituant plutôt une

combinaison particulière de la corde qu'un système spécial, nous ne le citons ici que pour mémoire. Son procédé est décrit plus loin. Ses instruments à corde libre étaient ceux indiqués (pl. 24, *fig.* 1 et 2).

ESSAIS DE M. KIND.

M. Kind a essayé vainement d'employer la corde pour les sondages ; ses expériences ont été entreprises sur les dispositions adoptées par M. Fromann, et dans un forage qui avait déjà 300 mètres de profondeur. Après une série d'essais infructueux, M. Kind dut renoncer à ce moyen, et acheva le compte rendu de ses opérations en mettant en doute le récit du missionnaire Imbert. Cependant il croit que l'on peut forer des trous jusqu'à 50 et 60 mètres avec la corde, et termine en signalant les difficultés qu'il a rencontrées dans un puits foré dans le muschelkalk à Weimar, où l'inclinaison de ce terrain faisait, à chaque couche, glisser l'outil vers l'aval pendage où il s'engageait. L'avancement, dit-il, n'était pas beaucoup moindre qu'avec les tiges. Ce trou de sonde resta abandonné ; il ne dit pas à quelle profondeur.

CONCLUSION.

Des faits qui précèdent, empruntés pour la plupart à une très-intéressante brochure de M. Le Chatellier, ingénieur en chef des mines (publiée en 1852), et auxquels nous avons simplement ajouté les observations qui nous ont semblé découler immédiatement des faits énoncés, il résultait pour nous à cette époque, bien que son opinion fût contraire à la nôtre

ce qui nous portait à espérer que nous étions dans l'erreur, les doutes les plus sérieux sur la réussite du sondage à la corde, en vertu des difficultés qu'il présente.

En effet, de toutes les tentatives faites par des hommes que l'intérêt de leur fortune, le soin de leur réputation, ces deux mobiles si puissants, poussent à chercher des améliorations dans toutes les branches d'industrie, que voyons-nous résulter? De très-rares succès, beaucoup de déceptions. On ne peut mettre leur intelligence en doute; nous voyons que leur persévérance les a toujours conduits à de bons résultats, quand ils restaient dans la limite du possible, et que, dans le cas contraire, ils ont poursuivi leur œuvre jusqu'à la ruine de leurs travaux.

Voués depuis de longues années à l'industrie des sondages, entourés d'hommes pratiques, au milieu de tous les instruments qui ont été faits avant nous, soit par la maison, soit par d'autres sondeurs, possédant notamment tous les dessins et outils de l'infortuné Corberon, nous avons eu l'avantage d'être en position d'éviter les écoles faites par une grande partie de nos devanciers, et nous pensons que cela nous aidera efficacement à résumer clairement nos idées sur ce sujet.

Nous considérons que, quelles que soient les dispositions employées, c'est moins dans l'outil que résident les difficultés qui surgissent dans ce mode de travail, que dans la corde elle-même; car, en admettant, ce qui est une restriction très-grande, que ce système ne soit employé que lorsque le terrain le permettra, on ne peut jamais être certain qu'un outil ne s'engagera pas, non-seulement de lui-même, mais encore par suite d'une chute qui peut survenir dans les parois du son-

dage; en effet, il arrive souvent qu'à la fin d'une couche, le choc de l'outil fait éclater la partie inférieure de la roche, les fragments restent en place un temps plus ou moins long; mais lorsque le forage a acquis une profondeur plus grande, ces fragments se désagrégent des sédiments qui les retiennent, et tombent. Un sondeur expérimenté, avec la sonde à tiges, modère dans cette circonstance sa percussion, afin d'éviter autant que possible de produire ces éclats qui deviennent dangereux par la suite. Lorsqu'un semblable accident se présente avec la corde, bien qu'on ait eu recours au petit appareil destiné à recevoir lesdits fragments, il arrive que l'outil devient prisonnier et qu'étant, au sol, réduit aux simples manœuvres que permet la corde, on se trouve dans une impuissance complète, et on est fort heureux de recourir à la sonde rigide pour reprendre l'outil, si toutefois il n'est pas trop engagé, et si le câble lui-même ne vient pas gêner dans l'opération.

Un autre accident assez grave, c'est la rupture du câble. En effet, dans l'industrie du sondage, on ne peut compter être présent à tout instant; on doit donc souvent s'en rapporter aux soins, quelquefois si douteux, d'un ouvrier habile, intelligent si l'on veut, mais presque toujours aventureux. Une résistance se présente, on en a rencontré précédemment d'autres dont on a triomphé, l'ouvrier a confiance dans son câble qui a déjà subi d'autres efforts de traction, il force, et par suite le rompt. Ce fait se présente tous les jours; on doit donc se prémunir continuellement contre de semblables accidents, et ne mettre dans les mains des ouvriers que des instruments dont le bris soit facile à réparer. Raccrocher un câble rompu est chose assez facile, mais qui peut devenir compliquée avec ce système, si la partie rompue est prise dans des

éboulements. Il faut observer en outre que le câble en fil de fer présente un inconvénient très-grave, c'est que l'usage, sans le détériorer en apparence, agit sur lui par suite de la flexion qu'il éprouve sur la poulie et sur le tambour du treuil, et qu'au bout de quatorze à quinze mois, le fer est tellement changé de nature qu'il se rompt sous un effort insignifiant.

Nous nous servons depuis fort longtemps de câbles en fil de fer de 0m.017 et 0m.020 de diamètre pour le soupapage à la corde. Ces câbles forts, bien faits, sont néanmoins loin de nous avoir donné les résultats d'inextensibilité annoncés par MM. Poirier et Vegny, surtout lorsqu'ils sont neufs. Nous devons ajouter que nos câbles sont formés de fils assez fins (1 millimètre), en fer recuit, et que chaque fil est enduit séparément de minium, ce qui peut être la cause de cette différence. Après un arrêt de quelques jours dans un forage, nous n'employons jamais le soupapage à la corde, parce que les boues coulantes s'étant accumulées quelquefois sur plusieurs mètres de hauteur, il peut arriver que la soupape y pénètre un peu trop profondément, qu'elle se trouve serrée de toute part, et amenée à fonctionner comme le ferait un piston plein. Si l'on considère le poids de la colonne d'eau, on se rendra facilement compte de la résistance à vaincre. Voici à ce sujet ce qui est arrivé au sondage de Rouen, lors du dernier tubage qui y fut fait. Le forage était à 300 mètres ; à 290 mètres on sentit que la colonne pénétrait dans la boue, qui était très-argileuse, le terrain étant le kimmeridgien. Dans le but de dégager la base de la colonne, on fit un voyage de soupape ; celle-ci rencontra les boues à 280 mètres, descendit assez librement de 4 à 5 mètres ; on remonta alors l'instrument, la machine à vapeur enleva parfaitement la soupape, qui

revint au jour bien pleine d'une argile un peu épaisse. On la descendit de nouveau; mais, arrivée à 282 mètres, elle s'arrêta, et, malgré le va-et-vient avec le poids des tiges, on ne put pénétrer plus avant. On remonta; cette fois elle ne ramena qu'une boue très-liquide; ne sachant pas quel corps pouvait faire arrêt, on descendit la sonde avec le trépan, mais elle s'arrêta comme la soupape à 282 mètres; après quelques tâtonnements, on s'aperçut que la colonne paraissait aplatie, et on supposa que, bien qu'elle fût descendue librement, un éclat de roche était tombé extérieurement entre elle et un banc de calcaire, que là il avait fait coin et que le poids de la partie supérieure de la colonne (5,000 kilogrammes) avait été suffisant pour amener l'aplatissement des tubes à cet endroit. On se décida à remonter la colonne tout entière, préférant cette mesure, qui donnerait une sécurité complète sur le tubage, au redressement quelquefois défectueux que l'on pourrait tenter avec des outils disposés pour cette opération. La colonne relevée, on reconnut que rien extérieurement n'avait agi sur elle, que les tubes sur 6 mètres de longueur s'étaient complétement aplatis, excepté à l'endroit des frettes, où la tôle doublée avait eu assez de force pour résister, et sans doute aussi parce que la tôle ayant cédé, il y avait eu égalité de pression à l'intérieur et à l'extérieur. Il devint donc de la dernière évidence que cet accident était dû au vide occasionné par l'outil transformé en un piston plein. Que serait-il arrivé avec la corde? On peut supposer, si l'on veut, que la soupape n'étant pas poussée par le poids des tiges se serait moins fortement engagée; mais on peut croire aussi que l'effet, bien que moins fort, aurait pu se produire encore avec assez d'énergie pour rendre l'instrument prisonnier; au reste, nous

en avons eu des exemples fréquents dans la craie argileuse inférieure du Pas-de-Calais. On voit donc qu'il y a bien souvent péril à employer la corde; car si elle est seule et qu'une rupture ait lieu, c'est la perte du forage.

Bien que notre opinion, par les causes précédentes, nous parût suffisamment fondée, les raisons émises en faveur de ce procédé, par un homme aussi éminent et désintéressé dans la question que M. Le Chatellier, avaient pour nous une telle valeur, que si nous repoussions la possibilité du forage à la corde, ce n'était cependant pas sans quelques restrictions en faveur de certains terrains spéciaux ou de quelques dispositions particulières que nous pouvions ignorer. Après avoir examiné, en dehors de tout préjugé et de toute routine, les procédés employés, nous devions étudier les nouvelles dispositions proposées par M. Le Chatellier; d'autant plus que dans ses conclusions il admettait la présence, à côté de la corde, d'une sonde ordinaire lui venant en aide au besoin. Si l'on emploie comme auxiliaire la sonde rigide, une partie de nos objections tombe; mais il existe toujours cette nécessité d'un matériel pesant et coûteux, de tiges et d'engins propres à le manœuvrer. Dès lors n'ayant plus, comme on se le proposait, à diminuer la valeur de l'outillage, il reste à examiner si, dans le travail produit, il y a avantage de temps ou d'argent.

Voici quelles étaient les dispositions proposées par M. Le Chatellier à la fin de sa notice :

« Bien qu'en principe, dit-il, une notice de la nature de
« celle-ci ne doive contenir que des résultats d'expérience et
« leur discussion, je pense qu'en raison même de l'intention
« qui l'a dictée, celle d'appeler de nouveau l'attention des
« sondeurs sur une méthode certainement trop négligée, il

« peut être utile d'indiquer ici, d'une manière générale, « l'ensemble des dispositions auxquelles je m'étais arrêté « pour en faire l'application à un sondage qui devait être « poussé, dans des terrains consistants, jusqu'à 300 mètres « de profondeur, et qui pouvait, éventuellement, être pro- « longé à 500 mètres. C'est un programme qui pourra servir « de base à un projet d'outillage et d'installation dans le cas « où des travaux de cette nature devraient être exécutés.

« Le trou de sonde, foré sur un diamètre de 0m.25, est « commencé au fond d'un puits de 4 ou 5 mètres de profon- « deur, creusé dans le terrain naturel; un coffre cylindrique « en bois guide la sonde au départ et donne au forage la « direction verticale. L'outil ordinaire est un trépan simple « dont la tige, de 0m.07 à 0m.08 d'équarrissage, porte sur ses « arêtes quatre saillies venues à la forge, et sur lesquelles sont « fixées, au moyen de rivets (qui doivent être remplacés à « chaque réparation), des petits ciseaux en acier fondu de la « même forme que ceux de M. Fromann (pl. 22, *fig.* 10, « 11, 12 et 13). Ces ciseaux additionnels, dont l'usure est « beaucoup moins rapide que celle du trépan, servent à aléser « et à polir les parois du trou, au fur et à mesure de l'avan- « cement.

« Le trépan est réuni à la tête de sonde par un emmanche- « ment à vis fortement goupillé; sa longueur est d'environ « 1 mètre.

« La tête de sonde est formée d'une barre de fer de 0m.08 « d'équarrissage et de 7 à 8 mètres de longueur (c'est-à-dire « cinq à six fois la longueur de la tête de sonde de M. Sello « et de ses imitateurs); elle porte haut et bas des guides en « tôle de 0m.01 d'épaisseur, rivés sur quatre bras soudés sur

« un fourreau en fer, qui embrasse exactement la tige, et s'y « trouve fixé par deux bagues rapportées à chaud. Le dia- « mètre de ces guides doit être de 5 à 6 millimètres plus petit « que celui du trou de sonde donné par le diamètre de l'alé- « soir; ils doivent être arrondis sur les bords pour qu'ils « n'accrochent pas les aspérités que l'alésage permanent au- « rait pu laisser, ou que le fouettement de la corde aurait pu « produire, en déterminant quelques éboulements. Le guide « supérieur doit être pourvu, à sa base inférieure, d'un treillis « métallique pour retenir tous les débris qui pourraient tomber « de la surface ou des parois du trou, comme l'a conseillé « M. Grüner. La sonde, ainsi constituée, pèserait environ « 500 kilogrammes.

« Le cable en fil de fer est attaché à la tête de sonde par « l'intermédiaire d'un étrier ordinaire, qui peut tourner sous « l'action du câble tordu, lorsque la sonde repose sur le fond « du trou, et qui peut lui faire décrire successivement toute « la circonférence. Le câble peut être enfin relié à la sonde « par l'intermédiaire d'une chaîne en fer à maillons très- « mobiles, qui jouera le même rôle que la coulisse d'Œyn- « hausen et de Kind, et préviendra le fouettement contre les « parois du puits, fouettement qui devait encore avoir lieu « avec l'outillage ordinaire du sondage chinois, même lors- « qu'on employait des cordes en chanvre; il vaudrait mieux « cependant, pour éviter tout tâtonnement, employer la cou- « lisse elle-même, comme quelques sondeurs l'ont fait pour « la cuillère à soupape.

« Pour extraire les débris du trou on pourrait chercher à « employer la sonde elle-même, comme le font les Chinois, « et comme on l'a essayé quelquefois; mais il sera plus sûr

« d'employer la cuillère ordinaire. Ce que l'on pourrait faire, « ce serait d'essayer une cuillère à piston dont on s'est servi « avec beaucoup d'avantage en Angleterre. Elle se compose « d'un cylindre en fonte fermé inférieurement par une sou- « pape; un piston plein, qui est retenu par le rebord intérieur « de la partie supérieure du cylindre, porte une tige à laquelle « est attachée la corde; lorsque la cuillère est rendue au fond « du trou, le piston, qui est assez libre dans le cylindre, des- « cend par son poids, et lorsqu'on le relève brusquement, il « soulève la soupape, entraîne les débris, même les plus vo- « lumineux, et à l'occasion, même de petits fragments d'outils; « avec quelques coups de piston successifs on vide complé- « tement le trou dans un seul voyage, sans laisser les plus « gros fragments de roche, que le ciseau devrait sans cela pul- « vériser avant de continuer son travail.

« L'extraction de la sonde et la descente se feraient au « moyen d'une petite machine à vapeur à deux cylindres « n'ayant qu'un volant très-léger, et s'arrêtant d'elle-même « lorsque la sonde s'accrocherait à la remonte, si l'on avait « soin de ne donner aux cylindres que la dimension néces- « saire pour le travail à effectuer. Le battage se ferait au « moyen d'un appareil à vapeur construit sur le même prin- « cipe que le marteau-pilon, dont la tige s'attacherait au « câble directement ou par l'intermédiaire d'une poulie de « renvoi, cette tige pouvant être allongée au moyen d'une « articulation à vis, au fur et à mesure du foncement, et « sans suspendre fréquemment le travail. Enfin une chèvre « ordinaire, un peu élevée, serait nécessaire pour extraire la « sonde entière à la surface en cas de réparation, et pour « faire les premiers mètres de forage.

« Après avoir étudié cette question sous toutes ses faces, « il semble, je le répète, que la méthode chinoise, appliquée « avec ces diverses modifications, doit donner des résultats « très-avantageux pour la rapidité et l'économie du travail, « à de grandes profondeurs, dans les terrains consistants où « le tubage ne serait pas nécessaire, où il serait d'autant « moins nécessaire que l'alésage continu et le frottement des « guides rendraient les parois plus lisses et plus régulières.

« On ne voit pas d'ailleurs pourquoi, en articulant les « ciseaux de l'alésoir qui travaille constamment avec le tré- « pan, et en utilisant la résistance de l'eau pour les redresser « à chaque coup, lorsque la sonde tombe librement, ou bien « en les maintenant en place par des lames de ressort qui les « empêcheraient de tomber sous l'action de leur propre poids, « et en employant, pour les descendre au-dessous de la colonne « de tubes, des artifices semblables à ceux qui sont en usage « pour la manœuvre des outils élargisseurs dans le sondage à « la tige, on n'arriverait pas à forer sur un diamètre un peu « supérieur à celui des tubes.

« Il serait donc très-désirable que nos habiles entrepre- « neurs de sondage reprissent cette question; il me paraît « certain qu'en peu de temps, en prenant pour point de « départ toutes les améliorations qu'ils ont déjà apportées à « la sonde à tiges, ils arriveraient à démontrer que la sonde « à corde peut être employée d'une manière générale et avec « de très-grands avantages.

« Les seules difficultés dont on ne puisse pas prévoir la « solution sont le forage dans les argiles qui exigent l'emploi « de la tarière, et la détermination de la direction des couches « qu'il paraît impossible de constater sans tiges. Ce qui pour-



« rait arriver de plus défavorable, ce serait de recourir à une « méthode mixte, fondée sur l'emploi alternatif de la sonde « à tiges et de la sonde à corde. Il est en tout cas impossible « d'admettre que cette dernière sonde, qui a déjà donné des « résultats si intéressants, entre les mains de personnes sans « expérience des travaux de cette nature, puisse rester à tout « jamais condamnée par les sondeurs de profession. »

Peu de temps après cette tentative de M. Le Chatellier pour remettre de nouveau à l'examen le procédé chinois, en le perfectionnant pour échapper aux inconvénients qu'il avait jusqu'alors éprouvés, une occasion se présentait d'en faire une application. Il voulut bien nous charger de l'étude et de la mise en œuvre des idées qu'il avait émises. Une compagnie de recherches houillères, dans le département de la Moselle, devait faire deux sondages; l'un était déjà commencé à l'Hôpital, et s'exécutait à la sonde ordinaire; le second, projeté à Freyming près Saint-Avold, devait traverser le grès vosgien, un peu de grès rouge et enfin le terrain houiller. Ces terrains semblaient offrir des chances favorables au nouveau système, et le voisinage d'une sonde rigide permettait un secours, en cas d'accident.

Voici quels furent l'installation et l'outillage :

Une chèvre de hauteur et de force suffisantes pour pouvoir au besoin y manœuvrer une sonde ordinaire. Elle était à quatre montants avec deux étais verticaux placés en dehors, soutenant les supports horizontaux du levier de battage (pl. 23, *fig.* 1 et 2).

Un grand treuil (*fig.* 3), monté solidement sur des bâtis en bois fixés fortement aux patins de la chèvre. Il était composé d'un gros tambour en bois, propre à enrouler un câble en

fil de fer, sans lui faire subir une courbe trop petite, qui fatiguerait les fils. A l'extrémité de ce tambour, était fixée une roue d'engrenage recevant son mouvement d'un pignon P, dont l'axe A portait un tambour de $0^m.17$ de diamètre, en bois, formé de deux parties réunies par les colliers CC'. Ce tambour, dans le cas où on se servirait des tiges, serait remplacé par un autre plus fort, du diamètre de $0^m.27$, doublé de feuilles de tôle fixées à vis, de manière à protéger le bois contre l'action des mailles d'une chaîne ordinaire. Une roue d'engrenage avec frein occupait l'autre extrémité de cet axe, et pouvait recevoir son mouvement d'un pignon P' fixé sur un troisième axe A'. Ces dispositions offraient les avantages de nos treuils ordinaires, puisque ce sont, pour ces deux derniers engrenages, celles usitées habituellement.

Pour commencer le travail, et avant l'emploi d'une locomobile, les hommes appliquaient leurs forces, soit sur des manivelles posées en A, lorsqu'il s'agissait de monter l'outil et d'enrouler le câble, soit en A' pour le battage. Comme le gros tambour T ne sert qu'à enlever et descendre l'outil, le pignon P est débrayé pour tous les autres mouvements. Ce tambour T porte un frein que l'on manœuvre au moyen du levier L dirigé vers l'intérieur de la chèvre. Quant au deuxième engrenage, il a aussi son frein, mais le levier L' de celui-ci est dirigé du côté opposé. Le rocher de l'axe A' a son chien fixé dans la joue du bâti au moyen d'un boulon qui la traverse et qui est disposé de façon à le recevoir. La base *g* du chien, agissant sur le rocher en fonte faisant pièce unique avec le débrayage du pignon P, bute, pour plus de solidité, sur le palier voisin. La partie *nn* de l'axe du gros tambour est remplie par un collier en bois butant contre *mm*. Pour la manœuvre au moyen d'une loco-

mobile placée derrière ce treuil, il a suffi de placer sur l'axe A' une poulie, qui recevait son mouvement d'une courroie montée sur la poulie adaptée au volant de cette machine.

Les outils, pour leur descente ou leur montée dans le sondage, sont suspendus à la corde en fil de fer qui passe sur la poulie fixée au haut de la chèvre, puis s'enroule ou se déroule sur le gros tambour, selon les besoins. Ces manœuvres sont trop simples pour qu'il soit nécessaire d'entrer dans des explications à ce sujet. Nous allons donc passer aux moyens par lesquels on obtient le mouvement de percussion nécessaire pour opérer le creusement de la roche.

La corde en fil de fer est fixée sur l'axe du levier à battre D (*fig.* 1), au moyen d'un moraillon à boulons qui l'enserre suffisamment pour l'empêcher de couler; toute la partie restante dans la chèvre est lâche pour ne pas nuire au mouvement. Il est bien entendu que la corde a été fixée au levier lorsque celui-ci était à son point le plus bas, et que l'outil percuteur était près d'être soulevé du fond.

Ce levier à battre porte par derrière deux crochets; l'un pour la corde à sonner, manœuvrée sur le tambour en bois du second axe, lequel, ainsi que nous l'avons vu, a $0^{m}.17$ de diamètre; l'autre porte une corde qui rejoint un anneau boulonné sur le bec d'une pièce de bois élastique E, dont le ressort équilibre la partie de la corde qui suspend l'outil. Cette pièce de bois est posée de manière que son bec soit à portée de l'ouvrier, qui souvent aura à lâcher la corde de retraite au moyen des petits chaînons qui la terminent. Il est essentiel, dans le sondage à la corde, de ne pas laisser fouetter celle-ci dans le trou; il vaut mieux amortir un peu le

choc, en faisant agir le ressort avant que l'outil porte au fond, que d'avoir cet inconvénient.

Le battage le plus convenable est obtenu au moyen de l'enroulement de la corde à sonner sur le petit tambour, de manière qu'elle fasse deux ou trois tours seulement, que l'extrémité opposée à celle qui est liée au levier de battage soit libre, et qu'un homme puisse opérer dessus un effort de traction.

Cet effort de traction, se transmettant à la partie enroulée, sera assez puissant pour que la corde fasse frein et que, sous le mouvement de rotation du tambour, elle s'enroule d'un côté, entraînant le levier qui soulève la sonde avec l'outil percuteur, tandis qu'elle se déroule de l'autre vers l'homme. Lorsque celui-ci aura, par ce moyen, soulevé l'outil percuteur de $0^{m}60$, par exemple, il cessera immédiatement son effort de traction sur la corde en la rendant brusquement, de manière à faciliter son glissement sur le tambour et à provoquer une chute à toute volée. Aussitôt que l'outil percuteur a touché le fond, l'homme cesse de peser, et la chute de la corde est limitée par le levier élastique qui fléchit, 1° sous son poids, 2° sous la quantité de mouvement dont elle est animée.

On recommence la même opération, et elle peut produire une quinzaine de chutes par minute. Ce battage nous a semblé le plus applicable en cette circonstance, étant complétement assujetti à une force connue qui pouvait se modifier ou cesser tout à fait d'agir lorsqu'un obstacle trop fort se présentait. Tout mouvement mécanique régulier eût amené des bris inévitables, à moins que le glissement de la courroie motrice ait pu toujours avoir lieu lorsque la résistance serait devenue plus considérable. Des dispositions semblables sont assez difficiles à obtenir, et surtout d'une manière permanente.

L'outil percuteur (pl. 23, *fig.* 12) était ainsi disposé : *a*, *b*, C, D, maîtresse tige de 6 mètres de longueur, terminée à sa partie inférieure par une femelle recevant le trépan, et, à sa partie supérieure, par un pas de vis recevant la chape *e*, qui elle-même est recouverte par une coulisse adaptée à la corde. L'embase *f* sert d'appui à la base de la chape ; un petit ressaut laissé sur la tige empêche, au besoin, la chape de tourner ; des rondelles en caoutchouc adoucissent les secousses du mouvement, elles sont fixées en dessous et en dessus de cette chape, et maintenues par une rondelle en fer et un écrou goupillé.

Sur la partie cylindrique *a* de la tige se meut une cuvette ou parachute *o* servant de guide à l'outil et de réceptacle aux débris. Son diamètre est un peu moins fort que celui de l'outil perforant. Des trous assez nombreux sont pratiqués de manière à laisser le plus grand passage à l'eau, et éviter le rôle de piston que cette cuvette pourrait remplir sans cette précaution.

Le trépan se visse à la tige. Sous la rondelle intermédiaire *h*, quatre lames ajustées à onglets, sur les quatre faces de ce trépan, sont solidement maintenues ; leurs taillants circulaires occupent presque toute la circonférence du trou, de manière à ce qu'il soit impossible à la plus petite aspérité d'échapper à leur action. Tout l'ensemble de ce système formait un poids de 550 kilogrammes environ.

Il est bien entendu que tout ce qui s'ajuste à vis, dans des outils foreurs de cette espèce, doit être goupillé soigneusement afin de rester en place.

Quelques modifications et changements de forme ont été essayés pour les trépans ; voici une des dispositions les plus avantageuses : deux pièces de bon fer *b*, *b'* (pl. 23, *fig.* 11), qui, comme on le voit, sont appliquées sur la lame principale,

forment un ensemble de six lames, dont nous nous sommes parfaitement trouvés. Cet outil est facile à faire et à réparer.

Soupape à boulet et à piston.

Cette soupape, décrite par M. Le Chatellier, est figurée pl. 23, *fig.* 4.

Pour la manœuvrer, aussitôt qu'elle est rendue à fond on soulève le piston aussi rapidement que possible, et les débris le suivent. Bien que ce piston ne soit pas adhérent aux parois, on n'en a pas moins presque toute la pression atmosphérique à soulever et une partie de la colonne d'eau. On s'aperçoit que le cylindre est plein par l'arrêt du piston en haut de sa course.

Cette soupape remontée au sol, il s'agit de la vider. Si les débris ne se tassaient pas sur le boulet, et s'il y avait quelque jeu au delà du point où est demeuré le piston sur les débris, on pourrait, en l'appuyant sur un taquet saillant fixé sur le fond d'un tonneau, lever le boulet en même temps que l'on tirerait la tige du piston avec la machine, les débris sortiraient alors par où ils sont entrés. Un tonneau de 0m.80 de hauteur, de 0m.60 de diamètre, aux deux tiers rempli d'eau, est ce qu'il y a de plus convenable. L'eau servirait à détacher les débris une fois le boulet levé. Si ce moyen ne réussit pas, il y a à la base des tuyaux deux trous, *a b*, destinés à recevoir une broche prise ensuite par un demi-anneau qui sert à lever cette partie inférieure de l'instrument, lorsque la fourche, fixée au moyen de quatre boulons, aura été enlevée avec le piston qu'elle guide.

Cet instrument fonctionne bien, mais nécessite l'emploi d'une trop forte traction; sa manœuvre est embarrassante à

cause de son poids, et peut-être un peu aussi de sa complication, lorsqu'il faut se livrer au démontage et remontage de la fourche et du piston. Comme la soupape ne peut pas reposer immédiatement sur le fond du sondage, il reste encore quelques débris, et des plus gros, qu'il faut toujours se résigner à briser. En somme, cet instrument ne nous a guère mieux réussi que ceux que nous employons ordinairement.

Les outils auxiliaires qui ont été employés sont :

Le découpeur à quatre branches (*fig*. 9, p. 23).

L'élargisseur à ressort (*fig*. 4, pl. 30).

La cloche à clapets pour la reprise des parties brisées (*fig*. 7, pl. 13.)

Voici maintenant quels ont été les résultats obtenus :

Le sondage a été commencé au diamètre de 0m.30, le 2 octobre 1854. La partie supérieure du terrain, composée de grès vosgien caillouteux et mal cimenté, a nécessité presque de suite un tubage qui a été poussé successivement de 9m.45 à 18 mètres. Le 10 novembre suivant, le travail, ne marchant qu'à bras, et de jour seulement, était arrivé à 32m.15. A ce moment le trépan et les autres outils qui s'engageaient fréquemment dans le trou, retardèrent souvent la marche et nécessitèrent les manœuvres les plus longues et les plus vigoureuses pour être dégagés. Le grès était devenu blanc, assez dur et pyriteux ; il usait considérablement les outils, qui alors, perdant leur diamètre, foraient un trou légèrement conique. Lorsque après une réparation à la forge on les redescendait dans le forage, avec leur diamètre primitif, ils se coinçaient dans cette partie conique sous le poids de la grosse tige, et il devenait impossible de les retirer avec le câble. Dans les sondages à tiges avec des trépans à lames plates une modification

récente appliquée aux taillants suffit pour éviter cet inconvénient, et faire presque toujours un trou plus grand que l'outil qui l'a pratiqué ; d'ailleurs, un simple rodage suffit pour gagner l'ancien fond, si quelque irrégularité existait dans le trou.

A la profondeur de 32^{m}.15 on substitua une locomobile au travail à bras d'homme. Le travail fut un peu activé lorsque rien ne s'opposait à la chute libre de l'outil; on battait quinze à dix-huit coups par minute; la moyenne du travail était de 50 à 60 centimètres par douze heures, quoique quelquefois on fît 1 mètre et plus dans une journée. Le 24 décembre on était à 46 mètres, et le 21 janvier à 64^{m}.23. L'approfondissement journalier dans cette période a varié entre 2 mètres au plus et 0^{m}.55 seulement. A 66^{m}.63, une branche de l'outil découpeur s'est brisée; on n'a pu la reprendre qu'avec des tiges et une pince à vis. Le travail a marché ensuite assez régulièrement jusqu'à 86^{m}.22, point où la coulisse s'étant cassée n'a pu être remontée avec la cloche à clapets; il a fallu encore recourir aux tiges. Enfin, le 11 septembre 1855, le travail n'était encore qu'à 157 mètres, ayant marché souvent avec assez de régularité, mais lentement à cause du temps perdu aux alésages longs et fréquents et aux efforts à opérer sur les outils souvent coincés; le câble se cassa sous l'un de ces efforts, près de son attache à la coulisse, et on fut obligé de recourir encore aux tiges. On profita de leur présence pour faire un rodage énergique et régulariser le trou jusqu'au fond. Le sondage fut repris; mais, par suite de nouvelles difficultés créées par un terrain dur et s'éboulant par fragments assez gros, les outils ne purent plus arriver au fond. Le travail ne produisit guère en moyenne qu'une vingtaine de centimètres par jour. On renonça alors au système à corde pour continuer

ce forage, et les tiges lui furent définitivement substituées. On commença par faire les manœuvres nécessaires pour retirer l'instrument à corde, qui était tellement engagé qu'on ne parvint à l'extraire qu'au moyen de vis, de mouton et d'abattages. Lorsque l'on chercha à prendre du fond avec les tiges, à peine avait-on foré 1 mètre, c'est-à-dire à 160 mètres environ, qu'on reconnut que le trou n'était pas vertical, qu'il présentait surtout à plusieurs endroits des déviations prononcées qu'il fallait d'abord s'attacher à faire disparaître.

Cette réparation a été longue et pénible; dès qu'elle a été terminée, le travail obtenu par la sonde rigide a été le double, et souvent le triple de celui du système à corde.

Bien que ce nouvel essai ait encore accusé l'impuissance de cette méthode de forage, il ne faut pas se dissimuler cependant que l'échec est dû à la nature usante des roches traversées, qui changeait en peu de temps la dimension des outils, à son hétérogénéité et à sa disposition ébouleuse, plutôt qu'à l'outillage lui-même. Cette roche délayée et en suspension dans l'eau du forage avait un tel mordant, que la coulisse qui terminait l'instrument et le reliait à la corde se détruisait en une quinzaine de jours.

Nous sommes bien convaincus qu'un appareil ainsi disposé marcherait très-convenablement dans des grès bigarrés argileux, semblables à ceux que nous avons rencontrés, du sol à 350 mètres, au sondage de Digoin (Saône-et-Loire).

Deux autres essais ne nous ont pas été beaucoup plus favorables. Comme il ne s'agissait que de prolonger un fonçage de quelques mètres, les dispositions sont des plus simples et peuvent être établies à peu de frais. Voici en quoi elles consistent :

Un simple levier élastique, fait d'une seule pièce de bois ou de plusieurs madriers réunis, est placé à $0^m.60$ environ au-dessus du sol, du côté opposé au treuil. Sa longueur peut être de 7 à 8 mètres, et son équarrissage, suivant la nature du bois, de $0^m.16$ à $0^m.20$.

Une de ses extrémités est entaillée pour laisser un passage à la corde, l'autre est fixée dans une potence P (pl. 23, *fig.* 13) solidement implantée dans le sol. Selon le calcul fait, des $0^m.60$ qui doivent rester au-dessus du plancher de manœuvre, on déduit la longueur du bois à prendre pour cette potence et sa fixation dans le terrain.

Entre les deux jambes, le levier fait effort sur une échantignolle *c* fixée à longs tenons dans les deux pièces, et traversée en outre par un boulon. Une échantignolle *d* retient le levier par-dessous; on la fait d'une trentaine de centimètres, afin de la traverser par deux chevilles, cela suffit. On laisse, entre elle et le levier, un espace libre, qu'un coin ou une cale remplit au besoin.

A 1 mètre environ de la potence, le levier appuie sur un chevalet P'; une échantignolle le retient en dessous, et il est maintenu en dessus par la cheville *b*. Quatre jambes de force *ffff* consolident ce chevalet. Sa position est telle que l'extrémité du levier puisse, par son élasticité, s'abaisser de $0^m.50$ environ sous le choc du moraillon.

Ce moraillon E, qui sert à retenir la corde, se fait avec deux morceaux de bois d'orme de $0^m.10$ d'épaisseur, $0^m.12$ de largeur et $0^m.35$ de hauteur, portant deux entailles demi-circulaires, entre lesquelles le câble est serré au moyen de quatre forts boulons. L'extrémité du levier pouvant être relevée ou abaissée, il est utile que le dessous du moraillon

soit légèrement convexe, afin qu'il porte toujours par son milieu.

Tout étant ainsi établi, au moyen des engins de battage dont on dispose, on transmet à la corde un mouvement ayant pour résultat d'enlever le trépan et de le laisser tomber. A l'état de repos, tout étant tendu, le trépan près de quitter le fond, le moraillon doit se trouver à 0m.10 environ au-dessus du bec du levier. On enlève alors de 25, 30, 50 centimètres, selon le terrain, puis on lâche le coup. Le trépan touche le fond avec toute l'énergie due à la vitesse de sa chute, et la corde, après avoir parcouru les 10 centimètres de jeu laissés entre le bec du levier et le moraillon, est arrêtée, mais assez mollement pour qu'elle ne se fatigue pas. On obtient ainsi à peu de frais une organisation permettant, dans quelques circonstances, d'essayer des avantages du système à corde; c'est pour cela que nous avons jugé convenable d'en parler avec détail.

Dans chaque sondage un peu outillé, on possède des trépans à oreilles sur le côté et à guides supérieurs, une grosse tige et une coulisse d'Œynhausen. Ces instruments suffisent lorsque le diamètre n'est pas trop grand; chacun peut, au reste, adjoindre à ces premiers éléments quelques-unes des améliorations que nous avons déjà signalées : la corde en fil de fer, qui sert pour les soupapages journaliers, étant en bon état, complète le nécessaire. Ces expériences faciles, se multipliant, amèneront avec elles des perfectionnements qui jetteront quelques données nouvelles sur ce système, que le bon sens porte à regarder comme avantageux, et que l'expérience, dans la plupart des terrains,fait rejeter comme ne pouvant donner lieu à un travail constant, susceptible de se généraliser. Cet avantage d'une application générale est ce qui a rendu la

sonde rigide si usuelle et si précieuse, malgré les inconvénients qu'elle a encore.

SYSTÈME ARTÉSIEN, ANGLAIS ET ALLEMAND.

Ces différents systèmes remplacent la corde par des tiges rigides formant la sonde entière avec laquelle on met en mouvement, par rotation, des tarières analogues à celles des charpentiers, mais de 0^m.07 à 0^m.30 de diamètre ; des vrilles ou langues américaines, des tire-bourre des tuyaux munis de soupapes pour nettoyer, etc.

Les tiges, à l'époque de leur importation en France, étaient à enfourchement (pl. 1re, *fig.* 1re) ; on les a modifiées suivant les figures 2, 3 et 19. Dans la figure 1re, les emmanchements mâle et femelle sont à faces planes, et rendus solidaires au moyen de deux boulons à écrous ; dans le retrait ou la descente des outils, chaque tige est supportée sur les couvercles du trou de sonde par un fer sur champ (*fig.* 20) que l'on passe dans l'œil de la barre, mais cette ouverture diminue la force de la tige, et cela sans utilité, attendu que l'on a à sa disposition d'autres moyens d'arrêt plus convenables. Dans la figure 3, les deux parties assemblées de chaque tige sont identiquement les mêmes. Dans la figure 19, c'est une boîte recevant un tenon à faces planes. La figure 2 est semblable à la figure 1re, seulement la tête des boulons est noyée dans l'une des branches de la femelle, et l'extrémité se visse dans l'autre branche dont on a taraudé les trous ; de cette manière on évite l'écrou qui a l'inconvénient de détériorer les tuyaux de garantie ou de dégrader les parois du trou de sonde. Quelques sondeurs continuent à employer les tiges à enfourchement, malgré leurs

nombreux défauts qui doivent les faire rejeter, surtout pour le système de forage par percussion. Après quelques mois de service à des profondeurs un peu considérables, les emmanchements prennent du jeu, les trous des boulons s'ovalisent, ceux-ci se coupent et tombent en laissant la sonde disjointe.

Il est des circonstances où la sonde à enfourchement rend cependant de très-grands services pour la réparation de certains accidents, pour l'agrandissement des trous de sonde dans quelques terrains, parce que, avec elle, on peut faire mouvoir des instruments à droite et à gauche indifféremment; mais ces cas sont très-rares, et les outils de diverses formes pouvant être construits de manière à s'appliquer à la sonde à emmanchement fileté, nous avons mis définitivement de côté les tiges à enfourchement pour n'employer que des tiges à vis. Si, par une circonstance quelconque, on a lieu de craindre le dévissage de la sonde, on place à chaque emmanchement une goupille traversant la boîte et la partie lisse située au-dessus du filet.

La sonde à tige rigide, pour une profondeur quelconque, est mue par rotation ou par percussion, suivant les terrains à traverser; quelques sondeurs n'adoptent que le premier mode, quelle que soit la dureté des roches : ce sont ceux surtout qui n'emploient exclusivement que les sondes à fourche. Nous doutons qu'ils y trouvent avantage, et notre incrédulité peut s'expliquer aisément par un exemple fort simple; les aciers et les fers trempés se polissent et s'usent sur des meules, qui ne sont autre chose en général que des roches grésiformes siliceuses; les pièces que l'on présente à la meule s'usent d'autant plus vite que le mouvement de celle-ci est plus rapide; et réciproquement la meule, qui ne produit pas d'effet sans dé-

pense, s'use aussi dans les mêmes conditions. La dépense qu'elle fait de sa propre matière est souvent en rapport avec celle qu'elle produit sur les pièces qu'on lui oppose. Ce qui se passe dans l'action d'un outil supportant plusieurs milliers de kilogrammes de tiges de fer sur une roche siliceuse n'est pas sans doute tout à fait identique à ce que nous disons de l'action d'une meule sur le métal, parce que cet énorme poids fait que l'instrument strie la roche et en détache des éclats en tournant; mais si cependant cette roche est à grains fins siliceux, réunis par un ciment dur, et il s'en rencontre beaucoup de semblables, elle se détachera sur l'outil en bien petits fragments, et il faudra sans doute bien des fois renouveler les mèches de différentes formes pour en achever le percement.

Indépendamment des roches dures siliceuses, qui ne peuvent se traverser par la rotation, il est des sables que l'on ne saurait vaincre par ce mode; quoique cela paraisse étrange, nous pouvons affirmer qu'il est des sables secs quartzeux qui ne viennent dans aucune tarière, de quelque forme qu'elle soit, dans aucune soupape, qu'elle soit sphérique ou rodée à l'émeri, plate ou lenticulaire et chargée d'un fort poids; avec tous ces instruments on ne pénètre ces sables que de quelques centimètres, et l'instrument ne ramène même pas tout ce qu'il a pris; que l'on remplace, au contraire, la tarière ou le tuyau à soupape par un trépan simple, en jetant dans le trou quelques boulettes de glaise, et en un jour on descendra de plusieurs mètres dans les mêmes sables.

Comme nous le ferons voir plus loin, le seul moyen d'entamer énergiquement les terrains, c'est d'agir par percussion. Il faut donc que les sondes soient disposées dans ce but. Nous verrons aussi que pour les grandes profondeurs la sonde rigide,

même bien disposée, offre encore des inconvénients, si on l'abandonne purement et simplement en chute libre, et qu'il a fallu, pour son emploi, recourir à des modifications importantes.

Il est inutile de parler des moyens de manœuvre d'une sonde mue par rotation; ils se révèlent d'eux-mêmes. Le premier treuil venu et un manche plus ou moins long sont suffisants.

SYSTÈME PRUSSIEN

UNISSANT DES TIGES EN FER A DES TIGES EN BOIS FERRÉ.

Dans ce système, on a pour but de séparer le poids de la partie perforante, qui se compose du trépan et de six ou huit tiges de fer qui le surmontent, du reste de la sonde, que l'on fait aussi légère que possible, et pour cela quelquefois en bois; ces deux parties de sonde sont séparées par la coulisse *t*. X (*fig.* 8, pl. 5), imaginée par M. d'Œynhausen, conseiller des mines en Prusse. On comprend que, lorsque les sondages sont très-profonds, le poids et la longueur des tiges s'opposent à ce que la sonde puisse agir par percussion, et il n'y a pas cependant d'autre moyen de percer les roches dures : la sonde alors court le risque de se briser fréquemment. En outre, pour agir par percussion, la sonde, élevée même seulement de 8 à 10 centimètres et abandonnée dans sa chute, éprouve entre chaque choc un mouvement de trépidation, qui la fait fouetter violemment contre les parois du sondage; ce mouvement de trépidation, répété douze à quinze mille fois dans une journée et pendant plusieurs mois, amène la détérioration des tuyaux de retenue, ou, si le sondage n'est pas tubé, ovalise

le trou, dans les parties tendres, en donnant lieu à des éboulements dont les fragments font parfois coin sur l'outil, et la sonde se brise sous les efforts nécessaires pour la retirer. C'est pour obvier à ces inconvénients que M. d'Œynhausen avait créé la coulisse qui porte son nom, et avec laquelle on articule la sonde en un certain point de sa longueur, de manière à la séparer en deux parties distinctes et complètement indépendantes l'une de l'autre; l'une inférieure, qui est partie agissante, et l'autre supérieure, qui n'a d'autre fonction utile que le relèvement de la première, et dont tout le poids est équilibré par l'élasticité d'un levier ou par un contre-poids, à l'extrémité d'un balancier fonctionnant comme une balance romaine.

La coulisse étant surtout le caractère distinctif du procédé prussien, nous allons la décrire ici, car elle est du reste, avec ou sans les tiges en bois, au nombre des instruments que nous employons dans différentes circonstances. Nous reviendrons plus loin sur son application.

Elle se compose d'une tige carrée de 3 à 4 centimètres de côté, munie d'une embase, et plus haut d'un emmanchement ordinaire qui s'adapte aux tiges supérieures; cette tige descend ou monte dans une coulisse X (pl. 5, *fig.* 8), où elle est tenue prisonnière par deux pièces rivées sur les deux faces extérieures; c'est sur ces deux pièces que repose toute la partie inférieure de la sonde; elles viennent toucher le fond de la coulisse, en même temps que l'embase V se met en contact avec sa frette Z.

Telles sont les dispositions ingénieuses et capitales de ce système qui, bien employé, peut rendre d'énormes services. Nous avons pu avec son aide atteindre facilement des profondeurs de 300 à 400 mètres. Nous ne l'employons plus aujour-

d'hui qu'accidentellement, ayant à notre disposition de nouveaux appareils, dont l'usage nous semble préférable pour ces profondeurs, et surtout pour de plus grandes.

Néanmoins, dans la description des procédés mis en œuvre par notre maison, on verra que nous avons souvent recours, dans certaines circonstances, à des dispositions qui dérivent plus ou moins du système prussien.

SONDE FRANÇAISE DE LA COMPAGNIE FRÉMINVILLE.

Ce système avait pour but de maintenir les parois du sondage à mesure que la profondeur augmentait, l'outil restant constamment à la base d'une colonne de garantie qui descendait avec lui. Par là, on espérait obtenir une verticalité absolue du trou de sonde, ne plus avoir à craindre les éboulements, et annuler les accidents ou diminuer leur gravité, l'extraction des instruments, en cas de rupture, étant simple et facile, puisque les outils sont tous manœuvrés par une corde, et, en même temps, par la colonne protectrice elle-même.

Supposons qu'à la base d'un tuyau (pl. 24, *fig.* 6) et sur ses parois intérieures, on fixe deux pièces triangulaires de $0^m.50$ de hauteur, et $0^m.01$ d'épaisseur, et dont la base soit égale à sa demi-circonférence; le sommet de ces pièces étant vers le haut, leurs bases se confondront avec celle du tuyau, et entre chacune desdites pièces, ainsi clouées contre la tôle, de manière à en bien prendre la courbure, il existera, diamétralement opposés, deux vides de même forme triangulaire. Supposons, en outre, un cylindre en fonte de 1 mètre de hauteur, traversé par une tige à tourillon à laquelle s'attache la corde, et portant à sa base une tarière ou un trépan; ce mou-

ton ou cylindre est muni de deux saillies triangulaires, ayant leur sommet dirigé vers le bas, et laissant entre elles deux vides qui sont tout à fait égaux aux deux pièces posées à la base du tube, de sorte que, quelle que soit la profondeur à laquelle celui-ci soit descendu, le cylindre en fonte s'y fixera invariablement, par l'enfourchement des saillies que nous venons d'indiquer. S'agit-il de battre? Le cylindre est traversé par la tige de l'instrument broyeur, à laquelle la corde est attachée, et qui s'y meut verticalement dans une mortaise carrée, tandis que le mouvement de rotation lui est communiqué par le tuyau de garantie qui, comme nous venons de le voir, entraîne le cylindre. Lorsque la colonne a ainsi traversé plusieurs couches meubles à l'aide de tarières, de tuyaux, de soupapes à nettoyer, de trépans pour casser les roches ou rognons dont sa base peut être embarrassée, et qu'elle arrive sur les couches compactes, on les attaque avec un mouton analogue à celui de MM. Jobard et Selligue, en lui communiquant le mouvement soit en vertu de la simple torsion de la corde, soit en l'obligeant à tourner à droite ou à gauche, au moyen du cylindre en fonte s'adaptant à la colonne. Jusqu'ici rien n'est difficile à comprendre, même sans figure.

Après avoir ainsi traversé deux et trois mètres, au diamètre intérieur de la colonne, il reste à agrandir le trou primitif pour conduire la colonne plus loin; voici de quelle manière on procède : un instrument spécial, formé d'un cylindre creux en fonte, joue dans cette circonstance un rôle fort ingénieux. Supposons ce cylindre creux fixé à la colonne au moyen de ses plaques et entailles triangulaires, comme précédemment; à l'intérieur, il est muni de deux tiges articulées *a*, *a*, se

réunissant à un plateau mobile (pl. 24, *fig.* 4) et bifurquées, à leur partie inférieure, pour prendre deux glissières *b b* et *b'*, armées de scies en acier. La tige centrale, qui traverse le cylindre en passant dans des mortaises carrées ou rondes (cela est indifférent, pourvu qu'elle soit guidée), fait ouvrir ou fermer les scies au diamètre nécessaire, en les faisant glisser sur les deux surfaces inclinées avec lesquelles elles sont engagées. Deux crochets *c*, *c'*, *c'*, désignés sous le nom d'interprètes, servent à les fixer et les maintenir dans la position voulue. Ainsi, à leur place, on tourne la colonne qui, si elle est libre dans le trou de sonde, est tenue sur le plancher de manœuvre par un collier à rouleaux, et on enlève la couronne de terrain qui fait face à la base de la colonne. Lorsque la distance de 2 à 3 mètres, dont nous avons parlé plus haut, laisse passer la colonne, on continue le forage avec le mouton ordinaire, c'est-à-dire avec une masse pesante (pl. 24, *fig.* 1 et 2), composée de quatre tiges réunies au sommet pour recevoir la corde dans un tourillon, et portant à sa base différents tranchants, et on élargit de nouveau le trou de sonde, lorsque les terrains le demandent.

Quand les tuyaux refusent de descendre par leur propre poids, on les y contraint en les tournant, et en exerçant aussi sur eux une certaine pression, en même temps que les scies fonctionnent au-dessous de leur base.

Les outils sont enlevés par un treuil ordinaire, ou un treuil à manége à tambour vertical autour duquel s'enroule la corde.

Nous donnons (pl. 24, *fig.* 7) la disposition adoptée pour les sondages de peu de profondeur. Pour les grands sondages avec manége, quelque ingénieuses que soient les dispositions adoptées, il nous suffira de dire qu'il ne fallait pas moins de

douze roues d'angles et de trois roues droites, c'est-à-dire de quinze engrenages, pour toutes les manœuvres. Les mouvements de percussion s'opéraient à la tiraude, c'est-à-dire au moyen d'une simple corde, comme nous l'avons vu pour le sondage chinois de Freyming; ou par un système de débrayage à peu près semblable à celui que nous avons adopté pour nos treuils ordinaires et que nous décrivons plus loin, ou bien encore par un système de caisse et de parallélogramme, mais que nous croyons être resté à l'état de projet.

Les tubes se rivaient au moyen d'un instrument nommé porte-coups (pl. 24, *fig*. 5), qui pouvait aussi servir, dans certaines circonstances, à les enlever.

Tout ce qui compose l'outillage de ce système est extrêmement soigné et ingénieux; les outils élargisseurs sont d'une composition assez difficile, mais habilement exécutés; les colonnes de garantie étaient aussi bien confectionnées que solides.

Deux inconvénients graves ont paralysé ce système, malgré la bonne direction et toute l'intelligence de M. Corberon; le premier résulte de la force d'adhérence des parois contre les colonnes de garantie, force plus que suffisante, dans certains terrains, pour exercer des pressions latérales telles, que les tubes refusent de bouger sous les chocs et les pressions les plus énergiques, bien que leur base soit dégagée. Or, dans ce système, où la colonne est le principal agent du travail, la conséquence d'un arrêt ainsi motivé entraîne, comme pour les autres modes de forage, le recours à un diamètre inférieur au premier, mais avec cet inconvénient plus grave, que les outils étant beaucoup plus compliqués, ils sont plus coûteux, et que

même leur confection devient impossible dans des diamètres restreints.

Ces motifs sont tels que, malgré tout le retentissement qu'eut ce nouveau procédé lors de son apparition, et les sacrifices énormes que fit M. Fréminville pour le mettre en activité, on ne réussit que dans quelques localités; mais les tentatives faites dans d'autres, et notamment dans le bassin de Paris, échouèrent complétement et révélèrent les impossibilités de son application.

La société Fréminville s'étant dissoute, nous fîmes l'acquisition de son matériel, dont nous utilisâmes les tubes dans nos travaux; quelques outils furent détruits et employés comme fer brut, d'autres, notamment ceux destinés à élargir, présentent des combinaisons si bien étudiées que nous les conservons comme types de dispositions ingénieuses, satisfaisant à première vue, et ne pouvant cependant pas entrer dans l'usage pratique des forages.

SYSTÈME A SONDE CREUSE ET A CORDE.

(DEGOUSÉE ET CH. LAURENT.)

Le système chinois proprement dit, repris par MM. Jobard et Selligue, nous ayant toujours paru inapplicable dans les terrains variants, attendu qu'en sondage il est quelquefois indispensable d'agir par rotation, manœuvre impossible avec la corde seule, nous avons cherché une combinaison pouvant réunir les avantages évidents du système à corde à ceux de la sonde rigide.

Dans le système de la sonde française, on avait déjà compris

les inconvénients de la corde nue et l'on a mis, dans certains cas, les instruments en mouvement avec la colonne que l'on destinait, en même temps, à garantir les terrains. Nous avons donné les raisons qui nous semblent entraver sérieusement l'un ou l'autre de ces systèmes ; il nous reste donc à faire connaître les moyens que nous avons essayés pour faire une application utile de la corde.

On croira d'abord qu'il y a analogie entre notre système et celui de la sonde française, car, dans l'un comme dans l'autre, la corde est combinée avec une colonne qui communique aux instruments un mouvement de rotation. Mais, dans le premier cas, la colonne est stationnaire dans le sondage, en descendant toutefois au fur et à mesure de l'approfondissement opéré par les outils qui fonctionnent à sa base, tandis que, dans le second, la colonne n'est autre chose qu'une sonde creuse qui se relève et se descend dans le sondage à la manière des tiges ordinaires. Ces tiges creuses (pl. 1, *fig.* 11) sont composées de tubes en forte tôle, de $0^{m}.003$ à $0^{m}.004$ d'épaisseur, cloutés et brasés par les procédés ordinaires, ou de ces tubes en fer creux étirés par les procédés Gandillot ou Bouttevillain. Elles se réunissent par des manchons en fer forgé et filetés, fixés à chacune des extrémités, comme pour les tiges ordinaires. Soit donc une sonde creuse ajustée et descendue dans le trou de sonde. Ses deux derniers bouts ont $3^{m}.50$ à 4 mètres de longueur seulement ; le bout inférieur porte une frette de $0^{m}.15$ de hauteur (pl. 33, *fig.* 1), carrée intérieurement pour recevoir une tige de $0^{m}.045$ de côté. Le mâle de l'emmanchement intérieur A est aussi carré ; il en est de même de l'emmanchement C. Une tige de sonde arrondie en *y*X sur $0^{m}.60$ (voyez aussi *fig.* 6) porte une embase E, à une distance déterminée

de la partie ronde ; au-dessous, se trouve un emmanchement de tige ordinaire pour recevoir le trépan, ou deux ou trois tiges avec le trépan, selon que la profondeur, ou plutôt le terrain le demande. Au-dessus de sa partie ronde, la tige à embase *y*XE porte une frette *h* (*fig.* 1), ou H (*fig.* 6), taraudée, munie de deux oreilles ou argots qui s'adaptent dans deux vides, ménagés à cet effet, sur la frette inférieure B du tuyau. On conçoit que le trépan touchant au fond du trou dans la figure 1, la frette H est engagée par ses oreilles dans la frette B ; si l'on abaisse la colonne jusqu'à ce que le dégagement ait lieu, la tige restant fixe, la colonne pourra être mue sans interruption autour de la partie arrondie X sans entraîner le trépan avec elle. Il en sera de même figure 2, lorsque la frette carrée atteindra la partie carrée de la tige, sans cependant aller au delà ; la frette élevée de la quantité *h*'B' joint maintenant deux autres tiges réunies en OP, par une vis à gauche (*fig.* 5 et *fig.* précédentes) OP, O'P', O''P'', O'''P''' ; la partie OP est arrondie sur une longueur de 30 à 40 centimètres, prise, partie sur l'une des tiges, partie sur l'autre. La tige supérieure s'adapte en G à une corde en fil de fer, qu'elle n'entraîne pas lorsqu'elle tourne au moyen d'un tourillon analogue à celui du système chinois ; la tige PZ est terminée par une vis à droite qui se visse dans la frette H de la tige motrice ; enfin, les deux tiges ont leurs aspérités longitudinales abattues, et les frettes carrées A et C sont en outre disposées de manière à les recevoir sans qu'il soit besoin de les guider dans leur descente ; les deux tiges supérieures, ainsi suspendues à la corde enroulée sur un gros tambour, arrivent rapidement au fond de la colonne dans laquelle on les introduit de telle sorte que la vis Z qui les termine se présente à la frette H de la tige motrice disposée pour la

mortaises, dans lesquelles passe ladite pièce; la femelle porte également deux ouvertures rectangulaires par lesquelles on passe le levier en acier (*fig.* 13 et 14) pour visser ou dévisser chaque tige.

La clef de relevée est simplement une tête de sonde (*fig.* 10).

La figure 12 indique le petit chemin de fer fixé sur le plancher au moyen de vis.

Pour le dévissage, il est nécessaire que les colliers restent immobiles; on les maintient par une tringle (*fig.* 11) portant un anneau dans lequel on passe un crochet fixé à l'un des pieds de la chèvre. Son autre extrémité est fixée au-dessous du collier par une plaque et des boulons.

Ce système, essayé il y a près de quinze ans par M. Degousée, en collaboration avec notre regretté Ayraud, a donné de bons résultats, qui n'ont été entravés que par un vice de construction s'opposant à la disjonction prompte et facile du trépan avec la corde, suivant qu'il s'agissait, lorsque la sonde était descendue, de joindre le trépan à la corde, ou de le disjoindre quand il fallait le remonter.

Pour obvier à cet inconvénient, voici les nouvelles dispositions que nous avons adoptées (pl. 30 *bis*, *fig.* 12 et 13). La sonde creuse A A', munie de l'outil percuteur ou trépan B B vissé à une ou plusieurs tiges, est descendue dans le forage. La dernière tige est surmontée, au point où elle s'engage dans la sonde creuse, d'une pince à ressort C C, qui reste ouverte dans la partie inférieure de celle-ci, dont le diamètre a été pour cet effet construit sur des dimensions convenables. Lorsque l'outil est arrivé à fond, la sonde, après avoir été descendue jusqu'à ce qu'elle repose sur l'embase D, est remontée de toute la quantité voulue pour que toute la longueur de la partie carrée E,

qui forme la partie inférieure destinée à faire coulisse en F, ait été parcourue, et que par suite les pinces se trouvent dans la position indiquée (*fig.* 13), que le ressort des deux branches et la partie élargie de la sonde creuse lui permettent de prendre.

Alors on descend la corde, munie à sa partie inférieure d'une tige G dont chaque renflement vient occuper les vides laissés par d'autres disposés *ad hoc* sur les pinces ; en H cette tige est munie, dans un guide, d'un anneau tournant, pour éviter la torsion du câble. Si, lorsque la partie I de cette tige est arrivée en J, on laisse descendre la sonde de un mètre, longueur de la pince, il arrivera que les deux branches forcées de se resserrer dans la partie conique K, pour rentrer dans la partie rétrécie A' qui la surmonte, l'emprisonneront, comme on le voit figure 12, et il restera deux mètres de coulisse pour la chute si l'on a donné, comme nous l'avons fait, une course totale de trois mètres à la partie E, comprise entre la pince et l'embase D. Pour calculer rigoureusement, on devra déduire l'allongement que pourra subir la corde sous l'action du poids de l'outil à soulever, que nous portons à 5 ou 600 kilogrammes.

Le trépan se trouvant ainsi joint à la corde, on manœuvrera par tous les moyens employés en sondage pour élever une masse à une hauteur déterminée, et la laisser retomber avec la vitesse voulue par les circonstances. Toutes les autres dispositions restent comme nous les avons indiquées.

Lorsque le battage est terminé, on séparera la corde du trépan par une manœuvre contraire à celle qui a été exécutée pour les joindre. Il suffit toujours, pour se dégager, de ramener les pinces dans la partie élargie de la sonde creuse. Le tout étant remonté, si l'on veut opérer le nettoyage du trou de

sonde, on attachera une soupape à la corde, ainsi que cela se fait habituellement pour les sondages d'une certaine profondeur.

Tel est le système par lequel on peut réunir tous les avantages si préconisés du sondage chinois à ceux de la sonde ordinaire, c'est-à-dire une percussion vigoureuse, à une grande profondeur comme dans le voisinage du sol, et en même temps un moyen de rotation efficace dans bien des circonstances; et cela en évitant le fouet des tiges ou des cordes sur les parois du sondage, en obviant à tous les ennuis qui en résultent dans les sondages profonds, et en conservant les moyens de dégager un outil coincé au fond, ou de régulariser quelques inégalités survenues pendant le forage d'une roche hétérogène.

Nous eussions généralisé ce mode de sondage, si par un autre procédé nous n'étions arrivés à vaincre, dans des conditions plus avantageuses sous certains points de vue, les inconvénients de la sonde rigide à de grandes profondeurs.

Tel est l'aperçu du système par lequel nous avions songé à remplacer celui des tiges rigides, dont le poids, à une profondeur médiocre, est un inconvénient qu'on n'a pu vaincre qu'avec les coulisses à déclic qui, comme nous le verrons plus loin, rendent les tiges complétement indépendantes de la chute de l'outil percuteur. Sans ce dernier moyen, même à l'aide de l'ingénieuse coulisse de M. d'Œynhausen, il eût été difficile d'atteindre, avec économie de temps et d'argent, des profondeurs de cinq ou six cents mètres.

On remarquera que dans le système de tiges creuses enveloppant une corde, chaque tige offre, à sa jonction avec une

autre, un emmanchement dont le renflement constitue dans la colonne d'eau du sondage autant de parachutes qu'il y a de tiges. La corde en fil de fer qui soulève l'outil et les tiges travaillantes est uniforme dans toute sa longueur, et il n'existe aucune cause qui puisse paralyser la vitesse de la chute. Un avantage beaucoup plus important encore de ce mode de sondage, est de rendre les accidents à peu près impossibles; ainsi, les ruptures de sonde ou d'outils ne sont pas à craindre, parce qu'il n'y a plus que 20 ou 25 mètres de tiges rigides, et que cette courte dimension permet de leur donner une grande force. Elles peuvent même être réduites à une tige unique dans le système modifié, pourvu que le poids du trépan et de cette tige soit d'environ 500 kilogrammes. Les lames se font en acier fondu, séparées du trépan (*fig.* 16, pl. 9), ou mieux, soudées à une forte tige, si une forge bien organisée existe dans le sondage. L'emmanchement éloigné de la lame se rompt moins facilement par le porte-à-faux que peut présenter la roche dans le cas où elle est hétérogène ou inclinée.

La tige creuse étant suspendue et le travail se faisant dans son intérieur, aucun ébranlement n'existe dans le trou de sonde, et les éboulements ou chute de fragments ne sont presque plus à craindre; on arrive, en outre, à moins retrécir le trou de sonde en plaçant moins de colonnes de garantie, beaucoup de terrains se soutenant naturellement et ne s'éboulant que par le fouet continu des tiges pendant le travail de percussion. Enfin, si l'outil se pince au fond, et que la traction pour le dégager fasse rompre la corde, elle se casse dans l'intérieur de la tige creuse, et pour la réparer on remonte la sonde, opération très-simple, puisqu'elle s'accomplit journellement pour le nettoyage du trou de sonde.

MM. Arago, de Humboldt et Combes avaient approuvé cette méthode dès son apparition, il y a quinze ans. MM. de Humboldt et de Busch, directeur général des mines de Prusse, avaient demandé à l'employer, et nous avaient priés en même temps de leur donner les renseignements nécessaires pour l'application de la vapeur aux sondages, application que nous venions de faire au sondage de Donchery (Ardennes), et que depuis nous avons généralisée pour tous les sondages qui doivent atteindre ou dépasser 300 mètres.

SYSTÈME FAUVELLE.

Pour commencer cette description, nous rapporterons ce qu'Arago a dit à l'Institut, dans la séance du 31 août 1846, en rendant compte d'un Mémoire de M. Fauvelle, sur son système de sonde, avec application d'une pompe foulante pour nettoyer le forage, système dont l'essai venait d'être fait sur la place Saint-Dominique, à Perpignan.

Voici le résumé de ce rapport du savant secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

« Si, au moyen d'une sonde creuse, on injecte de l'eau « dans un trou à mesure que l'on descend, l'eau, en remon- « tant, entraîne tous les déblais ; tel est le problème que s'est « proposé M. Fauvelle, et qui a été par lui résolu si heureuse- « ment qu'il constitue aujourd'hui un nouveau système de « forage. Son appareil se compose d'une sonde creuse, for- « mée de tubes vissés bout à bout ; l'extrémité inférieure de la « sonde est armée d'un outil perforateur approprié aux ter- « rains qu'il s'agit d'attaquer. Le diamètre de cet outil est « plus grand que le diamètre des tubes, afin de réserver au-

« tour de ceux-ci un espace annulaire par lequel l'eau et les « déblais puissent remonter. L'extrémité supérieure de la « même sonde est en communication avec une pompe fou- « lante, au moyen de tubes articulés qui suivent le mouve- « ment descendant de la sonde sur une longueur de quelques « mètres. La sonde est animée d'un mouvement de rotation, « au moyen de tourne-à-gauche, ou de percussion par un « treuil à déclic. La chèvre et le treuil, pour monter, des- « cendre et soutenir la sonde, ne présentent rien de parti- « culier. Lorsqu'on veut faire agir la sonde, on commence « toujours par mettre la pompe en mouvement; on injecte « jusqu'au fond du trou, et par l'intérieur de la sonde, une « colonne d'eau, qui, en remontant dans l'espace annulaire « compris entre la sonde et les parois du trou, établit le cou- « rant ascensionnel qui doit entraîner les déblais; on fait alors « agir la sonde comme une sonde ordinaire, et, à mesure « qu'il y a une partie de terre détachée par l'outil, elle est « à l'instant entraînée dans le courant ascensionnel.

« Il résulte de cette marche que les déblais étant constam- « ment enlevés par l'eau, on n'a plus besoin de *remonter la* « *sonde* pour s'en débarrasser, ce qui donne une grande éco- « nomie de temps; mais un avantage non moins précieux, « c'est que l'outil perforateur n'est jamais engorgé par les « terres, il agit toujours *sans entraves* sur le terrain à percer, « ce qui diminue de plus des neuf dixièmes la difficulté du « forage. Si l'on ajoute qu'il est démontré par l'expérience « que les éboulements sont nuls dans des terrains où la sonde « ordinaire en détermine toujours; que la sonde agit à 100 « mètres de profondeur avec autant de facilité qu'à 10 mètres, « et que cette sonde, par cela même qu'elle est creuse, pré-

« sente plus de résistance à la torsion qu'une sonde pleine, à « volume égal, et autant de résistance à la traction, on aura « une idée exacte de ses principaux avantages. En voici du « reste un exemple : un forage commencé à Perpignan, sur « la place Saint-Dominique, le 1er juillet, était terminé le « 23 du même mois, par la rencontre de l'eau jaillissante, à « une profondeur de 170 mètres. Si de ces vingt-trois jours, « de dix heures de travail, on défalque trois dimanches et six « journées perdues en travaux d'installation, il restera qua- « torze journées, ou cent quarante heures de travail réel, ce « qui représente plus d'un mètre de forage à l'heure.

« Dans le système que nous venons de décrire, on voit que « l'injection de l'eau a lieu par l'intérieur de la sonde. L'expé- « rience a fait reconnaître que, lorsqu'il s'agit de remonter « des graviers ou des pierres d'un certain volume, il valait « mieux injecter l'eau par le trou et la faire remonter par la « sonde. La vitesse la plus grande qu'il est possible d'impri- « mer à l'eau ou le calibre plus exact de l'intérieur des tubes « permettent de remonter tous les corps qui peuvent se trou- « ver au fond du puits, et que la manœuvre ordinaire ne « pourrait pas attaquer avec avantage. M. Fauvelle a remonté « par ce moyen des cailloux de 6 centimètres de longueur sur « 3 centimètres de grosseur. L'idée de faire remonter l'eau « par l'intérieur de la sonde offre un moyen facile de forer « au-dessous d'une nappe d'eau jaillissante sans avoir besoin « de pompe. Il suffira de fermer hermétiquement l'orifice du « puits, de manière à laisser libre le jeu de la sonde, et à ce « que l'eau jaillissante soit forcée d'aller toujours chercher le « bas du tube pour trouver une issue; elle y entraînera et ra- « mènera au dehors tous les déblais. Si l'on ajoute à tous ces

« avantages la possibilité de faire en bois la tige creuse de la « sonde, et de l'équilibrer de manière à ce qu'elle ne pèse pas « plus que l'eau dans laquelle elle doit se mouvoir, le pro- « blème du sondage à des profondeurs de 1,000 mètres et « plus sera résolu.

« Ce résultat est d'autant plus beau qu'à Perpignan même « un forage entrepris par un autre industriel avait atteint la « même profondeur que celui de M. Fauvelle, mais en onze « mois, au lieu de vingt-trois jours. »

Quoique le résultat obtenu à Perpignan fût des plus remarquables, nous pensions dès cette époque que le système de M. Fauvelle, excellent pour la localité où l'on venait de le faire fonctionner, ne pourrait jamais recevoir une application générale comme la sonde à tige rigide pleine ou creuse.

Nous rappelions le compte rendu fait en 1842 par M. Gaymard sur la sonde Freminville, qui, dans le département de l'Isère, avait débuté d'une manière remarquable, et qui était venue s'enfouir dans le terrain tertiaire parisien.

Nous nous demandions comment M. Fauvelle pourrait, quelque quantité d'eau qu'il refoulât dans sa tige creuse, amener du fond au-dessus du sol l'eau chargée des détritus du forage, lorsqu'il aurait traversé une nappe ascendante non jaillissante, cette nappe devenant, règle générale, absorbante aussitôt qu'on la charge au-dessus de son niveau ; enfin nous nous demandions comment il ferait lorsqu'il rencontrerait des courants souterrains.

Il doit arriver, selon nous, que, dans ces cas, les détritus chassés de la base du sondage ne peuvent arriver au sol, qu'ils encombrent le forage et que l'outil travailleur est assez engagé pour ne pouvoir être retiré.

M. Fauvelle fit un essai près de la gare, à Saint-Ouen. Malgré tous ses efforts, ce que nous avions prévu arriva; il ne put guère dépasser le premier niveau d'eau, situé à 20 mètres de profondeur environ.

Nous pourrions trouver dans la nature des terrains bien d'autres objections à l'ingénieux système de M. Fauvelle, qui depuis a exécuté un assez grand nombre de forages, mais toujours dans le bassin de Perpignan, parfaitement composé pour son application ; ceci confirme ce que l'expérience a déjà démontré, que le mode de travail doit varier presque aussi souvent que les formations à traverser.

En 1831 et 1832, deux de nos directeurs de sondages, MM. Nœttinger et Ayraud, ont les premiers, nous le croyons, fait usage de la pompe foulante, dans les sondages exécutés à Essonne pour MM. Feray et Sydenham ; nous l'avons depuis journellement employée, notamment chez M. Péchard, à Annet, pour vaincre des sables opiniâtres qui s'opposaient à la descente de la colonne d'ascension; c'était en 1842. Nous avons également eu recours à ce moyen dans une partie de nos sondages de Venise. Mais nous n'avons jamais songé, comme M. Fauvelle, à l'appliquer à toute la vidange d'un sondage ; cette idée lui appartient donc complétement.

On comprendra de suite qu'à Venise, par exemple, qui est le point le plus favorable que nous ayons rencontré pour faire l'application de ce système, nous nous soyons abstenus de le généraliser. Nous eussions pu, avec son aide, arriver, il est vrai, plus vite à une profondeur déterminée ; mais comme dans ce sol de boues et de sables mouvants et remontants il faut que les colonnes de garantie suivent constamment les outils foreurs, il fût résulté ceci, c'est que nous aurions coupé les dif-

férentes nappes que nous cherchions sans nous en apercevoir. En effet, celles-ci ne se révèlent que lentement, montant d'abord doucement à la surface, puis s'y épanchant en quantités d'abord insignifiantes. Il faut donc interroger constamment les plus petits mouvements des eaux contenues dans le forage, et, lorsqu'un indice se produit, employer tous les moyens possibles pour appeler une source souvent paresseuse, tant elle est obstruée. L'une d'elles, celle de San Polo, la plus belle de Venise, a mis plus de quinze jours à se produire; avec le système d'injection, elle fût passée inaperçue.

Lorsque plusieurs sondages exécutés nous eurent donné la position exacte des nappes, pour accélérer notre travail jusqu'à une profondeur voisine de celle que nous désirions obtenir, nous avons employé avec succès le procédé Fauvelle, à peu près tel qu'il l'a mis en œuvre. Arrivés là, nous reprenions la sonde ordinaire, qui nous permettait de faire nos observations; on comprend facilement que si on ajoute 5 ou 600 litres d'eau par minute dans un forage, une source qui en produirait 25 ou 30 serait inappréciable, lors même que, comme à Venise, on injecterait de l'eau de mer; sa nature ne serait pas suffisamment changée pour révéler le fait.

En dehors des objections ci-dessus énoncées, il en est une autre qui ne laisse pas d'avoir une grande importance. L'eau, principe fondamental de ce système, manque plus ou moins complétement dans bien des localités où il peut être appelé à fonctionner; on peut tout au moins avoir d'assez grandes difficultés à s'en procurer en quantité suffisante. Dans des dimensions assez restreintes, le volume de l'eau dépensé peut varier de 300 à 500 litres par minute; on peut admettre, il est vrai, que, après avoir été employée, elle peut être emma-

gasinée pour être reprise; mais comme il sera prudent de laisser cette eau chargée de détritus se déposer un peu avant d'être introduite de nouveau dans les pompes aspirantes et foulantes, il faut nécessairement avoir sur place de volumineux approvisionnements.

Pour que l'eau injectée par la pompe ou par l'espace annulaire revienne au sol chargée des détritus produits par la sonde, il est nécessaire de la supposer animée d'une vitesse assez grande, surtout si les terrains, au lieu d'être composés d'éléments pouvant se réduire en légers fragments, sont, au contraire, formés d'agrégations plus ou moins grossières de sables et de graviers.

Cette vitesse de l'eau s'obtient facilement lorsque le diamètre de la sonde et celui du forage sont de dimensions restreintes; mais il n'en sera plus de même lorsqu'elles deviendront plus grandes. A $0^{m}.25$ ou $0^{m}.30$ de diamètre seulement, on sera obligé de donner aux sondes, aux pompes et autres parties de l'appareil des proportions considérables; partant, leur prix sera élevé, et le moteur, quel qu'il soit, fort coûteux.

En un mot qui résume tout, il faut que l'ingénieux système de M. Fauvelle présente de bien nombreuses difficultés d'application générale, pour qu'en quinze ans il n'ait pu, malgré ses brillants débuts, malgré de nombreuses réussites locales, se répandre d'une manière sensible en dehors du bassin de Perpignan, à une époque où l'industrie des sondages, en France surtout, a eu et a encore à accomplir sur toute sa surface un si grand nombre de travaux.

DIFFÉRENTS SYSTÈMES ET OUTILS DE SONDAGE

EMPLOYÉS ORDINAIREMENT PAR NOTRE MAISON, ET QUI PARTICIPENT, SUIVANT L'USAGE, LES TERRAINS ET LES PROFONDEURS A ATTEINDRE, DES SYSTÈMES ARTÉSIENS, ANGLAIS OU ALLEMANDS, PLUS OU MOINS MODIFIÉS ET PERFECTIONNÉS.

Avant d'indiquer la manœvure de ces différentes sondes, il est bon de connaître la forme et l'usage des principaux outils qui entrent dans leur composition. Nous allons donc les décrire rapidement.

CHÈVRES. Les chèvres varient de forme et de force, selon la pesanteur des fardeaux qu'elles ont à supporter. Avec les sondes d'exploration légères et de quelques mètres seulement, à de petits diamètres, nous verrons que l'on peut s'en dispenser. A 8 mètres il devient avantageux de faire usage de trois morceaux de bois de 3^m à 3^m.50 de longueur, que l'on réunit ensemble ainsi qu'il est indiqué (*fig.* 1, pl. 21), ce qui constitue la chèvre la plus primitive.

Pour des forages de 15 à 20 mètres une manœuvre régulière et commode devenant indispensable, on doit avoir recours à un instrument plus complet, muni d'une poulie bien fixée et d'un moulinet ou tambour à manivelle, ainsi que le représente la figure 4 (pl. 21).

Au-dessus de 20 mètres et jusqu'à 40 ou 50 mètres, une chèvre à trois montants est encore suffisante; mais comme les outils sont plus lourds, les obstacles plus grands, on comprend qu'il faut qu'elle ait plus de force. On donne ordinairement à ces chèvres une hauteur de 5 mètres; les montants, surtout s'ils sont en sapin, devront présenter une section de 0^m.15 de

côté. Cette augmentation de hauteur a pour but principal de permettre de donner aux tiges une longueur plus grande, 3m.50 à 4 mètres, afin de diminuer le nombre des emmanchements, toujours coûteux, et de gagner du temps par la suppression d'une partie de celui employé au vissage et au dévissage que nécessiteraient des emmanchements plus rapprochés.

Le tambour, au lieu de porter directement les manivelles, comme précédemment, porte à une de ses extrémités une roue d'engrenage avec une poulie de frein (*fig.* 5, pl. 21). Les manivelles sont adaptées sur l'axe d'un pignon engrenant avec la roue et qui est dans le rapport avec celle-ci de 1 à 6; à côté se trouve un rochet qui reçoit un cliquet, afin de tenir la sonde suspendue au-dessus du fond lorsque le travail l'exige. Cet axe doit couler facilement dans ses coussinets, de manière à permettre au pignon de se dégrener d'avec la roue, et il est maintenu dans cette position par une main qui tombe entre deux portées et le fixe d'une manière invariable.

S'il s'agissait d'aller un peu plus profondément, cette chèvre peut être rendue plus solide encore, en remplaçant le troisième pied par une partie double semblable à celle qui porte le petit treuil, et en ajoutant deux croix de Saint-André reliant les quatre montants.

Pour les grands sondages les chèvres se modifient plus ou moins suivant les profondeurs à atteindre, les difficultés à vaincre par suite de la nature du sol, et enfin la plus ou moins grande facilité de se procurer des bois de dimensions convenables. Nous allons donner en détail la description de l'une d'elles comme type, laissant à chacun la faculté d'y apporter des modifications; les dessins d'ensemble que nous donnons des ateliers de sondages feront voir d'ailleurs quelques-uns

des changements qu'on peut leur faire subir. Nos anciennes chèvres étaient à base rectangulaire ; leurs montants étaient réunis par des entretoises. Elles étaient peu solides, et leur centre de gravité se déplaçait au moindre effort, parce que les entretoises ne tardaient pas à prendre du jeu dans leurs mortaises ; il fallait alors maintenir l'aplomb de la chèvre au moyen de haubans qui ne remplissaient qu'imparfaitement le but. Un échafaudage en charpente n'étant solide qu'autant que ses pièces principales sont réunies par des croix de Saint-André, les nouvelles chèvres sont donc composées, pour les grands sondages, de quatre montants en sapin de 0m.20 à 0m.25 d'équarrissage, comprenant, à leur base, un carré de 4 mètres de côté, espacés, à leur sommet, de 1m.60 sur une face, et de 0m.20 à 0m.30 sur l'autre, pour le placement des deux chapeaux H (*fig.* 1, 2, 3, pl. 4) sur lesquels se pose la poulie dont l'axe est fixé dans deux paliers boulonnés sur ces chapeaux. On peut aussi faire porter l'axe sur des coussinets ouverts, car la poulie ne tend jamais à se déplacer ; cependant il peut arriver que la chaîne, entraînée du côté du treuil, emmène avec elle le pied-de-bœuf qui, par son choc sous la poulie, pourrait la faire sortir des coussinets. Lorsque les chapeaux sont assez écartés pour que cet accident puisse avoir lieu, on pose sur eux une traverse boulonnée qui s'oppose au passage du pied-de-bœuf ou clef de relevée.

Les chapeaux sont en chêne, et ont 0m.25 de côté. Les quatre faces de la chèvre sont munies de deux systèmes de croix de Saint-André, boulonnées sur les montants et entre elles à leurs milieux. Les deux croix se rencontrent à peu près à la moitié de la hauteur de l'engin, et leurs branches sont coupées horizontalement aux extrémités ; ce sont ces points

d'exécution pour cet engin assez pesant et volumineux, n'expédiant de nos ateliers que le matériel de forage proprement dit. Pendant que le transport de ce matériel s'effectue, le propriétaire, ou le directeur des travaux, fait construire la chèvre et la baraque qui doit l'envelopper, s'il y a lieu; comme, aux termes de nos tarifs, on est toujours chargé des transports, ce mode est souvent le plus économique, en ce que le transport de la chèvre, pour l'aller et le retour, coûte plus que si on la construit sur place, et qu'on peut du reste toujours s'en défaire sans beaucoup de perte.

Dans les chèvres quadrangulaires, la longueur des chapeaux doit être toujours suffisante pour que l'on puisse établir commodément un changement de poulie, pour l'addition rapide à la poulie simple, employée pour un poids ordinaire, d'une poulie mobile nécessaire lorsque le poids devient un peu fort ou que l'on a quelque difficulté à vaincre. Dans certaines circonstances, on y place aussi une grande poulie pour la conduite d'une corde de nettoyage; mais pour celle-ci il vaut mieux la fixer sur une petite charpente située au-dessus des chapeaux ou dans l'intérieur même de la chèvre, si celle-ci est haute.

Autrefois nous nous servions de deux poulies placées sur le même axe, chacune des chaînes qu'elles recevaient portait un pied-de-bœuf, dont l'un servait à enlever une tige, tandis que l'autre descendait pour reprendre la suivante, et réciproquement. Nous n'avons pas trouvé dans ce système l'économie que nous espérions, et y avons renoncé. Cela, d'ailleurs, allongeait d'une façon nuisible les axes des poulies et des treuils.

Quelques personnes ont pensé à se servir d'une série de contre-poids pour monter et descendre les tiges de sonde; cela

présente dans l'application de nombreux inconvénients. Le temps joue dans ces opérations le rôle principal, c'est donc lui qu'on doit surtout économiser.

Une chèvre haute pour les sondages est toujours une bonne chose; et, pour les grands sondages, on doit passer sur les inconvénients du transport ou de construction sur place.

A moins d'un travail exceptionnel, une chèvre de 12 mètres est très-suffisante pour aller jusqu'à 4 ou 500 mètres de profondeur. Nous avons reconnu que des tiges à vis de 7 à 8 mètres étaient aussi économiques que de plus longues. Si les filets sont assez justes, ce qui est une bonne chose, le vissage ou le dévissage se fait plus rapidement, ne tourmente pas la vis comme cela arrive lorsque, le mouvement de rotation étant vif, une grande tige fléchit de manière à engendrer en tournant une surface de révolution. Lorsque le travail s'exécute à bras, les hommes remontent presque aussi vite deux tiges de 8 mètres qu'une seule de 12, malgré le petit repos nécessité par le dévissage; sur une longue tige ils prennent une vitesse moindre. Cet inconvénient disparaît avec un moteur mécanique; mais comme le premier subsiste toujours, nous conseillons de ne pas dépasser cette longueur de 8 mètres. Elle est d'ailleurs déjà embarrassante pour les transports, et l'on ne peut guère se résigner à couper ses tiges, à la fin du travail, pour avoir à les resouder sur un autre.

Pour la descente et le retrait des tubes, il faut avoir recours à un second plancher de manœuvre situé dans la chèvre, ou plutôt dans l'excavation, si le niveau de l'eau le permet.

Poulies. — Lorsqu'on employait dans les sondages des câbles en chanvre ronds ou plats, les poulies, moins sujettes à des chocs brusques, pouvaient avoir des dimensions

moins fortes qu'aujourd'hui, qu'on fait généralement usage de chaînes.

Les poulies en fonte doivent donc, autant que possible, avoir la plus forte résistance; leur gorge devra être cannelée pour recevoir les maillons sur champ, et présenter une surface cylindrique sur laquelle les autres se reposeront à plat (pl. 4, *fig.* 4). Si l'on fait usage d'une poulie mobile, celle-ci sera exactement semblable à la première, seulement son axe aura des dimensions moitié moins fortes, elle portera, comme on le voit figure 5, une bride et une chape avec un crochet tournant.

La poulie mobile a pour objet de diminuer de moitié l'effort à produire pour soulever la sonde, en diminuant la vitesse dans la même proportion; il est bien évident qu'en nous exprimant ainsi nous faisons abstraction des frottements qui résultent de cette complication. Dans la figure 1, la chaîne fixée en X entoure la poulie mobile Z, en passant dans la chape et la bride qui l'empêchent d'en sortir, revient, avant de descendre sur le tambour du treuil, passer sur la poulie ordinaire, reculée en Y de manière à ce que le milieu des deux parties parallèles de la chaîne passe par l'axe du trou de sonde. On voit que, pour élever d'une certaine quantité la sonde attachée en *q*, il faudra enrouler sur le tambour une quantité de chaîne double de celle qu'il faut avec la poulie ordinaire; d'où il résulte que la force à appliquer aux manivelles est à celle que l'on emploie dans le cas de la poulie simple, dans le rapport de 1 à 2. La substitution d'une poulie mobile a un grand avantage sur les modifications que l'on pourrait faire aux engrenages des treuils pour arriver aux mêmes résultats, c'est de nécessiter une chaîne moins forte de moitié, dont on peut par conséquent augmenter

la résistance d'un tiers ou d'un quart, sans dépasser les dimensions que nous donnons à nos plus fortes, dont le fer des maillons a 0m.028, ce qui est déjà bien assez gros pour s'enrouler sur un tambour de treuil. Une chaîne de poulie mobile, augmentée du tiers de sa force, sera donc beaucoup plus sûre que la chaîne de grosseur double employée sur une poulie simple.

La poulie mobile ne s'emploie que dans les circonstances exceptionnelles où l'on doit opérer de grands efforts. On ne doit s'en servir que pour relever la partie supérieure d'une sonde devenue trop lourde avec la profondeur du sondage; aussitôt que les premières tiges sont retirées, on la supprime. Ce changement de manœuvre, lorsqu'on est bien organisé, ne demande pas plus de 2 à 3 minutes.

Pour cela, voici comment les choses sont disposées. La chaîne est divisée en deux parties : l'une, celle qui a son point d'attache en X, ne quitte pas la poulie mobile; l'autre fait fonction de chaîne ordinaire ou simple. Ces deux parties se réunissent au moyen d'un maillon de jonction (pl. 4, *fig*. 6 et 7).

La chaîne de la poulie mobile, à l'état de repos, est amenée avec celle-ci le long d'un des montants de la chèvre, où on l'amarre soit avec une corde, soit par tout autre moyen. Pour que la poulie mobile ne quitte pas la chaîne, elle est rendue prisonnière par un long crochet double en fer, qui unit le quatrième ou cinquième maillon vers l'extrémité à l'un des maillons supérieurs. Lorsque vient le moment de se servir de la poulie mobile, après avoir retiré l'esse et la clef de relevée du bout de la chaîne simple, on joint l'extrémité de celle-ci à celle de l'autre, au moyen du maillon de jonction, puis on enlève le crochet double, et on détache la poulie mobile qui vient prendre sa

position au milieu des montants de la chèvre. Pendant ce temps, un homme, monté sur les chapeaux de la chèvre, fait reculer la poulie ordinaire, de la quantité voulue pour que les chaînes qui suspendent la poulie mobile soient sensiblement parallèles, et que le crochet tournant en dessous de la chape suspende la clef de relevée juste dans l'axe du trou de sonde.

Pour rendre cette dernière manœuvre plus facile, les poulies étant souvent assez lourdes, voici la disposition que nous avons adoptée. Un levier A B (pl. 4, *fig.* 8) ayant son point d'appui B, soit dans une des pièces de charpente de la baraque, soit sur un support reposant sur une entretoise fixée entre les deux chapeaux de la chèvre, reçoit une chape légère *c* qui embrasse l'axe de la poulie des deux côtés, et permet de le soulever au-dessus des coussinets. Ce levier porte deux crans *d d'*, qui correspondent verticalement aux deux positions que l'axe doit occuper. Il suffit alors d'amener, en l'inclinant, soit en avant, soit en arrière, la chape dans le cran *d* ou dans le cran *d'*; puis, soulevant la poulie avec le levier, elle sort de ses premiers coussinets, et prend d'elle-même une position verticale qui correspond aux seconds coussinets, sur lesquels on pose son axe. Une fois la poulie en place, une petite clavette *e* sert à supporter le levier dans une position convenable pour que son poids et celui de la chape ne fassent pas un frottement inutile sur l'axe.

Des chaines. — Nous avons vu que les poulies sont construites de manière à ce que la chaîne n'y éprouve aucun porte-à-faux; leur gorge porte une rainure dans laquelle se logent les maillons de champ, les autres se posent à plat sur la partie cylindrique. Par la même raison, les tambours

de treuils, pour être plus propres à l'enroulement des chaînes, devraient présenter une rainure semblable à celle de la poulie, mais disposée en hélice dont le pas serait égal à la largeur des maillons, plus quelques millimètres, afin d'éviter tout frottement latéral. Cette disposition serait surtout essentielle pour de grands travaux; mais, dans la pratique, elle présente quelques inconvénients assez graves pour que son application ne se généralise pas. Les voici : souvent et surtout dans les contrées éloignées où se pratiquent assez fréquemment les sondages, on se procure difficilement des chaînes, et plus particulièrement des chaînes d'un calibre donné s'adaptant au pas de l'hélice tracée sur le tambour; or, si la chaîne qui a été fournie avec l'équipage vient à manquer par usure ou par rupture, on aura beaucoup de peine à la remplacer. En cas de réparation, les maillons, refaits par des hommes étrangers à l'art du chaînier, ne seront pas toujours exactement calibrés. Enfin un semblable tambour serait d'un poids beaucoup plus considérable. Toutes ces considérations font adopter le tambour simple, d'autant plus qu'avec un peu de soin on peut obtenir un enroulement régulier. Les chaînes et les cordages, non guidés par une hélice, tendent à s'enrouler sur eux-mêmes lorsqu'ils atteignent et dépassent le plan de l'axe de la sonde. Pour obvier à cet inconvénient, on dispose le treuil de manière à ce que la chaîne, du commencement à la fin de sa course, soit toujours dans un plan oblique à l'axe du tambour; il en résulte que la chaîne, au lieu de monter sur elle-même, trace sur le tambour une hélice dont le pas est plus grand que la largeur des maillons, et que, par conséquent, ceux-ci ne se touchent pas.

Les chaînes étant en fer doux et très-ductiles ne cassent pas

subitement. Leur rupture s'annonce par des fentes qui ne sont pas toujours perpendiculaires à la direction des fibres du fer, mais beaucoup plus souvent dans le plan de la soudure du maillon, lorsque celle-ci n'a pas été complète, et surtout lorsque l'usure l'a affaiblie. Il est donc important de visiter fréquemment une chaîne ; le temps passé à cet examen, quelque long qu'il soit, sera toujours utilement employé. Pour que cette visite soit complète, la chaîne doit être débarrassée de la graisse dont on l'enduit pour adoucir les frottements qu'elle a à subir sur la poulie et sur le tambour. Cette opération se fait en posant la chaîne sur des barres de fer, qui la maintiennent à une hauteur convenable, pour qu'un feu vif et léger puisse être allumé dessous. La graisse dont elle est enduite la rendant peu maniable, on emploie des crochets semblables à ceux dont se servent les camionneurs. Cette opération, que nous désignons sous le nom de grillage, présente, outre l'avantage de mettre le fer bien à nu et de laisser apercevoir ses plus légers défauts, celui encore très-important de lui donner un peu de recuit, en laissant le refroidissement se faire lentement.

Quand on a retiré la chaîne du tambour, on doit avoir soin, en la replaçant bien dans sa position régulière, de ne pas lui faire subir de torsion ; car, sans cette précaution, les maillons se présentant en porte-à-faux amèneraient des chocs qui, sous une forte charge, pourraient faire rompre la chaîne, ou amener la dislocation, sinon la rupture, d'organes du treuil. Il est indispensable, pour prévenir un accident, dans le cas de rupture de la chaîne et de sa chute, de mettre à couvert l'ouvrier chargé d'accrocher les tiges et dont le poste est dans la chèvre. Il doit lui-même être assez prudent pour se retirer sous son abri aussitôt qu'il a fait son accrochage. Les

hommes du treuil doivent être aussi protégés par un panneau incliné, établi à 3 ou 4 mètres au-dessus d'eux, et qui ramènerait la chaîne rompue vers le treuil où le tirage tend du reste à la porter.

Depuis bientôt vingt ans que nous nous servons de chaînes, les accidents ont été moins fréquents qu'avec les cordages, et aucun d'eux n'a amené de résultats fâcheux pour la vie des hommes. Le point de rupture le plus fréquent se trouve sur la poulie. La partie qui se trouve dans la chèvre tombe sur le plancher de manœuvre, mais ne s'écarte presque pas du centre du trou de sonde. Celle qui se dirige sur le treuil tombe entre la partie extérieure de la chèvre et le tambour, emplacement toujours inoccupé. L'élasticité des câbles en chanvre ou en fil de fer les rend beaucoup plus dangereux en cas de rupture, par suite du mouvement de fouet qui en résulte.

Les chaînes varient de grosseur suivant les profondeurs des sondages ; elles sont toutes à maillons courts et sans étançons. Avant d'être livrées, elles sont essayées soit à la romaine, soit à la presse hydraulique, à un effort de traction sept ou huit fois supérieur à celui qu'elles doivent supporter à l'emploi normal ; on comprend que sous des arrêts brusques et avec l'usage des machines, on ne puisse guère calculer les efforts qu'elles ont à supporter dans certains cas. Au reste, cet essai est loin de correspondre à la force nécessaire pour opérer la rupture et qui est à peu près double ; mais si l'on poussait l'épreuve plus loin, on fatiguerait le fer employé, si bon qu'il soit, et l'on rendrait d'ailleurs la déformation des maillons assez considérable pour que la chaîne ne puisse plus servir.

Pour les sondages de 50 à 100 mètres de profondeur, le fer des maillons est de. . . . . : 0^{m}.016

100 à 200.	0^{m}.020
200 à 400.	0^{m}.025
400 à 600.	0^{m}.028

à des profondeurs plus grandes, les sondes seraient modifiées pour ne pas nécessiter des chaînes beaucoup plus fortes. Avec les nouveaux procédés, on emploie maintenant des sondes beaucoup plus légères, et les dimensions que nous avons conservées pour les chaînes sont un surcroît de sécurité qui n'a plus sa raison d'être qu'en cas de réparation d'accidents. Au reste, nous démontrerons plus loin que les efforts exceptionnels ne doivent s'accomplir ni avec la chaîne, ni avec le treuil; ceux-ci ne sont appropriés qu'aux efforts constants nécessités par une manœuvre régulière.

Des esses. — On appelle *esse* (à cause de sa forme) un double crochet en fer, destiné à joindre aux chaînes les outils qui doivent monter, descendre ou suspendre les tiges dans le forage. Leur construction est si simple qu'il suffit de renvoyer à la figure 2, planche 20. Elles doivent être en bon fer, et comme par suite de leur construction, malgré les brides qui les ferment, elles pourraient tendre à s'ouvrir, on leur donne les plus fortes dimensions possibles. C'est un de ces instruments qu'on ne doit jamais craindre de faire trop lourd, parce qu'en dehors d'une grande solidité, il a l'avantage ainsi, par son propre poids, de s'opposer à l'entraînement de la chaîne du côté du treuil, lorsque celle-ci, arrivée au haut de sa course, a ses deux branches inégales. Nous verrons plus loin qu'on augmente également pour ce motif, autant qu'on le peut, le poids des clefs de relevée. Ces dispositions dispensent de recourir, dans ce

but, à une corde de retenue attachée à l'extrémité de la chaîne ou à un contre-poids. Il faut, autant que possible, que le poids de la partie de chaîne qui reste au-dessus du trou de sonde, avec celui de l'esse et de la clef de relevée, soit assez grand pour qu'il suffise, et au delà, à équilibrer la partie de chaîne située du côté du treuil.

Du fouet. — Quand on descend la sonde, pour accrocher les tiges, on remonte à vide le pied-de-bœuf ou clef de relevée. Pour hâter la manœuvre dans le cas de manivelle simple, on emploie un fouet (*fig.* 5, pl. 3), dans la boucle duquel on passe l'extrémité de la soie; la longueur du fouet est environ moitié de celle du bras de manivelle; comme la charge à enlever est très-faible, deux hommes ayant chacun un fouet font tourner ainsi le treuil avec une grande rapidité. Lorsque la manivelle est double, on emploie, au lieu de fouet, une petite corde pliée en deux sur la soie de la manivelle; trois ou quatre hommes ont chacun la leur; ils font tourner ainsi moins vite qu'avec le petit fouet, mais plus vite qu'en s'appliquant directement aux manivelles. Il est bien entendu que cela ne s'applique qu'aux sondages à bras; lorsqu'on agit avec une machine à vapeur, c'est le moteur qui enlève le pied-de-bœuf ou clef de relevée. Nous avons cru, en raison de la grande économie de temps que présente cet usage, devoir en parler malgré son peu d'importance.

Des treuils. — Nous avons vu qu'aux petites chèvres d'exploration on adapte un tambour portant deux manivelles aux extrémité de l'axe. Dans les sondages plus profonds, on est obligé d'avoir recours à des treuils qui sont tantôt simples, tantôt doubles, et que l'on fait mouvoir soit par des hommes, soit par des machines à vapeur ou autres.

Le treuil simple est une machine composée d'un tambour

sur lequel est fixée une roue, ordinairement de grand diamètre. La puissance et la résistance agissent ici aux extrémités d'un levier simple dont le petit bras est représenté par le rayon du tambour, et l'autre par le rayon de la roue. Ces deux forces sont donc entre elles comme le rayon du cylindre est au rayon de la roue. Si le premier est de $0^{m}.20$, le second de 2 mètres, et la résistance à vaincre ou le poids à enlever de 200 kilogrammes, on connaîtra la puissance qui fera équilibre à ces 200 kilogrammes par la proportion suivante :

$$P : 200^{k} :: 0^{m}.20 : 2^{m}; \text{ donc } P = 20^{k}.$$

Le treuil à engrenages est une réunion de deux ou de trois treuils simples; ici la puissance est à la résistance comme le produit des rayons du pignon par celui du tambour est à celui de la roue par la manivelle. Si le tambour (*fig.* 1, pl. 3) a $0^{m}.15$ de rayon, la roue qu'il reçoit, $0^{m}.40$, le pignon qui la met en mouvement, $0^{m}.06$, et enfin la manivelle $0^{m}.50$, la résistance à équilibrer étant 1500 kilogrammes, la puissance se trouvera par cette proportion :

$$P : 1500^{k} :: 0^{m}.15 \times 0^{m}.06 : 0^{m}.40 \times 0^{m}.50; \text{ donc } P = 67^{k}.50$$

sans tenir compte des frottements.

Nous avons fait usage dans le temps, pour les sondages de cent mètres environ, du treuil figuré planche 3, figures 1 et 2. Il était muni pour le battage, tantôt d'un système de cames, tantôt d'un débrayage mobile. Le débrayage s'appliquait aux profondeurs moyennes, surtout lorsque les terrains étaient d'une nature hétérogène exigeant successivement des chutes de sonde variables. La came, au contraire, s'appliquait spécialement aux roches dures où la chute pouvait être à peu près constante; mais à de grandes profondeurs on s'en servait, quelle que fût la nature

du terrain. Ce treuil, comme on le voit, était composé de deux bâtis en fonte portant à leur partie supérieure une ouverture, dans laquelle on glisse les deux coussinets en bronze entre lesquels tourne l'axe du pignon, et qui sont maintenus chacun par un chapeau à vis de pression recouvrant les deux bâtis. Les coussinets peuvent être changés à volonté, ou bien relevés ou abaissés pour la substitution au pignon actuel d'un autre pignon plus grand ou plus petit, avantage souvent précieux. L'axe du pignon est renflé à son milieu pour plus de solidité, en raison de sa longueur; à côté du pignon sont juxtaposées deux roues à rochets dont les dents sont disposées en sens contraire, pour retenir la sonde dans les deux sens du mouvement du pignon, au moyen d'un cliquet *g* à deux becs contrariés engrenant avec l'une ou l'autre de ces deux roues; ce cliquet tourne autour d'une entretoise boulonnée sur les bâtis dont elle maintient l'écartement. Lorsque l'on ne se sert pas du cliquet, on le rabat sur le petit toc à charnière *f*. L'axe du pignon est prolongé en *c d* et maintenu par la main d'arrêt *e*, occupant la distance *a b*, égale à *c d*; lorsque pour descendre la clef de relevée, avec ou sans les tiges, la roue doit tourner seule, on lève la main *e* pour pousser et débrayer le pignon. La roue porte une poulie *hh* aussi grande que possible, pour recevoir un frein semblable à celui figure 6 ou figure 7, ou un frein à branches parallèles et demi-circulaires comme celui du treuil double, figure 10. L'une des branches se fixe dans ce cas au boulon Y, figure 2, et *i*, figure 1, tandis que l'autre est adaptée au levier qui serre le frein, et dont le bec est retenu par le boulon opposé X. Le tambour peut être en bois ou en fonte; en bois, on le garnit de bandes en forte tôle de 7 à 8 centimètres de largeur, espacées d'une quantité un peu moindre

et clouées ou vissées sur le bois. Les tambours de cette espèce avaient l'avantage d'être moins lourds que ceux en fonte ; ils étaient très-suffisants avec l'emploi des cordages, mais avec les chaînes, toute cette armature finissait toujours par se détruire rapidement; nous avons dû renoncer à leur usage.

Ces treuils à coussinets mobiles ont l'avantage de permettre, au début du sondage, l'emploi d'un pignon de 18 à 20 centimètres; à 100 mètres, de pouvoir en placer un de 0^{m}.15, et enfin à 150 ou 200 mètres, un de 10 à 12. Les manivelles, qui sont simples dans les deux premiers cas, sont doubles, de 150 à 200 mètres et au delà, afin que leurs soies, allongées pour l'emploi d'un plus grand nombre d'hommes, ne puissent pas ployer. On place dans ce cas, à l'extrémité de la soie, un second bras de manivelle Q' *r'* de même longueur que Q *r*, mais moins fort, qui porte une petite soie *m n*, mobile dans un fourreau en tôle logé dans un pieu K. La longueur de la soie *m n* est telle que lorsque le pignon est débrayé, elle n'abandonne pas le fourreau, quelle que soit la vitesse avec laquelle on descend la sonde ; ces manivelles doubles restent solides, tandis qu'étant simples, leur soie s'écarte de suite et entraîne la rupture des bras.

Les patins des montants en fonte peuvent recevoir trois boulons servant à les fixer sur des semelles de bois. Ces pièces de fonte, qui paraissent fort légères, ont une résistance beaucoup plus grande que les autres parties du treuil, quand elles sont bien posées. Nous n'avons jamais eu de rupture dans ces pièces que lors des transports; il faut donc, dans cette circonstance, les envelopper soigneusement de paille, ou mieux encore, les mettre en caisse.

On a quelquefois, dans ces treuils, établi un débrayage à

côté de la came J J. Nous avons renoncé à cette méthode, parce qu'elle portait l'effort de la came beaucoup trop vers le milieu de l'axe qui tendait alors à se plier ou à se rompre.

Tout en conservant les principales dispositions de ces treuils, nous avons apporté dans ces dernières années des modifications qui rendent leur usage plus complet. Ils correspondent comme autrefois à trois dimensions, que nous désignons sous les numéros 1, 2 et 3.

Le n° 3 est le plus petit de nos treuils. Au lieu d'être, comme dans le principe, sans accessoires de battage, comme ceux qui se fixent sur les montants de nos chèvres d'exploration, il porte un manchon de débrayage. On peut, avec ce treuil, faire des sondages jusqu'à 50 et 70 mètres. Dans de bonnes conditions, un sondeur habile, avec une sonde légère, irait même à 100 mètres. Nous ne le figurons pas parce qu'il a la disposition du suivant, moins la contre-roue et ses galets, mais avec des dimensions plus faibles. Le poids d'un semblable treuil est de 400 kilogrammes environ.

Le numéro 2 (pl. 25, *fig.* 1 et 2) porte un manchon de débrayage A et une roue à galets B B', propre à remplacer les cames, avec cet avantage que, tandis que les cames, ordinairement fixées au nombre de trois, n'admettent plus de changements dans leur nombre, cette roue peut porter 2, 3, 4 ou 6 galets, puisqu'il suffit d'en mettre un nombre correspondant aux points disposés pour les recevoir. Dans les premières dispositions adoptées, les cames appuyaient sur un levier qui portait à son extrémité un galet destiné à rouler sur leur courbure; ici c'est le contraire, les galets appuient et roulent sur la came qui termine le levier. Ce treuil est destiné aux forages de 100 à 150 mètres; avec

l'addition d'une poulie mobile, on peut atteindre 200 mètres. Il pèse environ 800 kilogrammes.

Enfin le treuil n° 1 reproduit dans des dimensions plus fortes le treuil n° 2. Il est destiné aux sondages de 250 à 300 mètres; il peut être mû à bras d'homme, mais, au besoin, on peut lui appliquer une petite machine à vapeur à cylindre oscillant, ainsi que le représentent les figures 1 et 2, planche 26. L'un de ces treuils, au sondage de Ham sous Warsberg (Moselle), a servi jusqu'à la profondeur de 400 mètres sans se rompre; nous citons ce fait, non pour engager à suivre l'exemple, mais pour montrer que sous des formes assez légères, on peut encore obtenir une grande solidité. Du reste, avec plusieurs de ces treuils on a atteint facilement 350 mètres, et on ne s'est servi d'une poulie mobile que pour les 100 derniers mètres. Le frein est enveloppant pour lui donner plus de puissance, et à charnière pour faciliter son montage et son démontage (voir *fig.* 3). Le poids de ces treuils, pour être manœuvrés à bras, est de 1200 kilogrammes; l'addition d'une petite machine à vapeur de 2 à 3 chevaux, avec son volant, sa plaque de fondation et sa pompe alimentaire, l'augmente de 800 kilog.

Treuil double. — Avant l'application de la vapeur comme force motrice, lorsqu'un sondage devait dépasser 300 mètres à bras d'homme, non-seulement on avait recours aux poulies mobiles, mais encore à des treuils doubles, placés soit verticalement, comme l'indique la planche 3, figure 10, soit horizontalement.

Le treuil à double engrenage n'est autre chose que la réunion de deux treuils simples; le pignon A et la roue D constituent un treuil pareil aux précédents; à côté du pignon A se trouve un second pignon B, engrenant avec la même roue D,

et conduit par une seconde roue placée sur le même axe *a b*, avec le pignon A du simple engrenage. Les deux pignons et la grande roue sont près du montant du treuil; la petite roue secondaire est au delà de la première, d'une quantité égale à l'épaisseur du pignon, plus 10 ou 15 millimètres, de sorte que, pour passer du simple au double engrenage, il suffit de pousser le pignon A jusqu'à ce qu'il engrène avec la petite roue *c*, et qu'au même moment il abandonne la grande roue; on voit que, sans faire changer de place aux manivelles qui sont adaptées à l'axe *n n* du pignon simple, on obtient les deux différentes vitesses. Les deux bâtis en fonte sont reliés par deux entretoises à leur partie inférieure, comme le sont ceux du treuil représenté figures 1 et 2. Leurs têtes sont maintenues par une troisième entretoise qui se sépare en deux branches *zz'*, *zz'*, portant chacune leur écrou. L'ouverture rectangulaire de la partie supérieure des bâtis est disposée pour recevoir des coussinets, qui y sont ajustés en queue d'aronde. Sur l'entretoise du haut est adaptée une main d'arrêt qui, comme en *e, fig.* 1, maintient l'axe *a b* du second pignon, et contre le montant opposé à celui de la figure, s'en trouve une seconde pour maintenir embrayé ou débrayé le pignon A. L'axe de celui-ci porte une roue à rochets, dont le cliquet *im* est fixé sur un axe *i*, maintenu sur une des pièces d'assises du treuil par deux boulons à œil *j* K. Le même axe porte une poulie de frein de 70 centimètres de diamètre, dont l'effet de retenue est plus puissant què celui de la poulie adaptée à la roue du treuil (*fig.* 1 et 2), parce que, pour retenir la sonde, on a moins de force à déployer en l'appliquant à la manivelle du pignon qu'à l'extrémité d'un des rayons de la roue. Ce frein est composé d'un demi-cercle en fer étoffe, *t u* V X Y, garni de bois (*fig.* 8), en 5 ou 6 morceaux

de 3 à 4 centimètres d'épaisseur seulement; le bois est tenu au cercle de fer par des vis ou de petits boulons à têtes noyées à peu près dans le tiers de son épaisseur, pour éviter leur contact avec la frette, qu'elles ne tarderaient pas à rayer, ce qui, en outre, produirait un frottement de fer sur fonte désavantageux pour l'effet du frein. Le demi-cercle, ainsi établi, est terminé par deux branches munies chacune d'une chape, dont l'une est fixée à une tige verticale à embase *f g*, boulonnée dans les assises du treuil, et l'autre au levier *h e f*, mobile autour de *f*, extrémité de la tige *f g* semblable à la première *f' g'*. Il est important de donner aux chapes, et à tout ce qui compose le frein, plus de solidité que n'en exige l'effort à supporter, afin de se mettre en garde contre tout accident. La poulie du frein doit être pleine, ou du moins à rayons très-larges, parce que la dilatation de sa jante, si elle ressemblait à celle d'une roue ordinaire, la ferait éclater, et comme c'est à cette pièce qu'est confiée la sonde pouvant avoir 5 ou 600 mètres, sa rupture donnerait lieu à de graves accidents.

Lorsqu'on ne se sert que du simple engrenage, le pignon B est débrayé de la grande roue, ou, pour plus de commodité, on le met de côté dans la gorge L, disposée pour en recevoir l'axe.

La grande roue D porte, comme les treuils précédents, une contre-roue plate, dont elle est séparée par des galets de 6 à 7 centimètres de diamètre servant à battre à la came.

Quelque fortes que soient les dents des engrenages des treuils, elles éprouvent quelquefois des chocs si violents et si imprévus, qu'elles se brisent; mais comme les jantes sont beaucoup plus fortes, elles résistent le plus ordinairement et permettent le remplacement des dents brisées par d'autres

ajustées à queue d'aronde, comme on le voit planche 3, figure 3. Cette opération doit être faite avec beaucoup de soin ; l'entaille à faire dans la jante doit avoir 4 ou 5 millimètres de profondeur pour des dents moyennes.

Les treuils peuvent se remplacer par des tours en bois ou cabestans. Soit, par exemple, un treuil dont le rayon du tambour a $0^m.15$; le rayon de la roue $0^m.60$; celui du pignon $0^m.10$; le bras de la manivelle $0^m.50$; la résistance à vaincre, pour une profondeur de 240 mètres, de 2,400 kilogrammes. En établissant, P : $2,400^{k.}$: : 15 × 10 : 60 × 50, on trouvera qu'une puissance P de 120 kilog. fait équilibre au poids de la sonde. Si l'on se donne $0^m.15$ pour le rayon du tambour d'un cabestan dans lequel on veut avoir, entre la puissance et la résistance, le même rapport que le précédent, on établira la proportion 120 : $2,400^{k.}$: : $0^m.15$: R. Le rayon R de la roue du cabestan sera de 3 mètres. La figure 9, planche 3, satisfait à ces conditions pour la roue et le petit cylindre ; à côté de ce dernier, on peut en mettre un autre de diamètre double pour les profondeurs moindres. Celui-ci porte une poulie de frein à son extrémité. On comprend que lorsque la profondeur d'un sondage devient très-grande, il faille augmenter démesurément le diamètre de la roue, et qu'alors elle devienne incommode, ou bien employer le cabestan tel qu'il est avec une poulie mobile, ou même avec des moufles. Ce moyen est employé par M. Mulot ; mais nous trouvons qu'il ralentit trop les manœuvres.

En Allemagne, en Prusse et même en France, quelques sondeurs font usage d'une grande roue à marche. M. Kind s'en sert encore, mais il semble l'abandonner, au moins sur ses grands sondages, pour en arriver, comme nous l'avons fait dès 1844,

à l'emploi de la vapeur. Cette méthode, qui fait jouer aux hommes le rôle d'écureuils dans une cage, ne nous a jamais séduits, et nous sommes encore à en trouver les avantages.

GRANDS TREUILS HORIZONTAUX A VAPEUR. — Pour les grands sondages par les procédés ordinaires plus ou moins perfectionnés, nous nous sommes servis avantageusement de grands treuils horizontaux, actionnés par un cylindre à vapeur oscillant placé entre leurs bâtis (pl. 27, *fig.* 1 et 2). Le tambour A sert pour la descente et le retrait de la sonde, la partie B pour le battage à la came. Un modèle de ces treuils, avec toute la disposition d'un sondage, figurait à l'exposition universelle de 1855. Il est aujourd'hui dans les galeries du Conservatoire des arts et métiers, auquel nous l'avons donné, sur sa demande. C'est cette disposition que nous avons employée pour les sondages de Donchery en 1844, de Rouen en 1849, et de Londres en 1854. Nous avons atteint avec eux des profondeurs de 320, 387 et 400 mètres, et nous aurions pu aller jusqu'à 600 mètres. Malgré tous les perfectionnements apportés dans le jeu des grandes sondes ordinaires, nous avons reconnu que les systèmes à débrayage et à came sont avantageux pour des profondeurs moyennes de 150 à 200 mètres; mais qu'au delà, nos nouveaux procédés, dont nous parlerons dans le chapitre suivant, permettent une marche beaucoup plus rapide. Nous avons donc à peu près renoncé à la disposition que nous venons de décrire, pour les profondeurs un peu grandes, du moment que le succès de nos nouveaux appareils a été sanctionné par l'expérience. Nous indiquerons néanmoins, lorsque nous traiterons des différentes méthodes de battage, comment, avec une bonne organisation, on peut avec la sonde ordinaire arriver, assez économiquement et rapidement, à de grandes

profondeurs. Le poids de cet appareil, avec son cylindre oscillant, est de 4,000 kilogrammes environ.

Il n'y a guère que huit ans que l'industrie privée fait ouvrir assez fréquemment des sondages de 4 à 500 mètres et plus de profondeur. Il a presque fallu le hasard des mécomptes, dans l'épaisseur des terrains qui recouvraient les richesses houillères que l'on recherchait, pour qu'insensiblement les sondes atteignissent de semblables longueurs, et qu'on se soit convaincu que la dépense qui en résultait était bien au-dessous des exagérations auxquelles on les portait sur de rares exemples déjà fort vieux de date. Un sondeur, malheureusement, ne peut produire à peu de frais des preuves matérielles de son habileté. Il ne peut donc développer son industrie qu'autant que le hasard, une bonne fortune ou quelque haute protection lui donnent les moyens de l'appliquer. Jusque-là il doit se contenter de révéler aux expositions ou dans des écrits les méthodes qu'il appliquera lorsque l'occasion s'en présentera dans des conditions convenables au point de vue industriel, et dont il décrira les résultats obtenus malgré les circonstances désavantageuses auxquelles il aura été obligé de se soumettre, par suite d'une organisation vicieuse dès son principe, ou pour toute autre cause. Pour citer un exemple, prenons le sondage de Ham sous Warsberg, département de la Moselle. Commencé sur les données d'un travail à conduire à un maximum de 300 mètres, il a été ouvert au diamètre de 0m.30 seulement, et poussé jusqu'à 209 mètres avec le treuil ordinaire n° 1 et à bras d'homme. Prévoyant, à cette profondeur, qu'il irait jusqu'à 350 mètres, on se décida à l'adjonction de la petite machine à vapeur oscillante. Le résultat n'ayant pas encore été atteint à 350 mètres, on poussa ce sondage jusqu'à 400 mètres.

Ce n'est qu'à cette profondeur, après avoir marché avec toute la prudence que nécessitait l'installation insuffisante d'un appareil trop faible, que l'on prit le parti de monter le grand treuil que nous venons de décrire. Mais si l'installation nouvelle donnait toute sécurité sur sa force, restait le sondage qui, commencé sur un diamètre trop restreint, pouvait, par la rencontre de terrains éboulants, forcer de le rétrécir plus ou moins vivement. Aussi, n'est-ce qu'avec des alésages longs et coûteux, à la base des premières colonnes, que l'on parvint jusqu'à 510 mètres au diamètre de $0^{m},16$, diamètre encore suffisant pour le jeu d'une coulisse à chute libre. Malgré ces tristes conditions, ce sondage, exécuté en moins de trois ans, a coûté 110,000 fr. environ, en y comprenant tous les frais nécessités par les différentes installations, 25 à 30,000 fr. de tubes, transports de personnel et de matériel, enfin tous les frais possibles de surveillance, d'inspection, etc. À 500 mètres, dans les grès et schistes houillers, l'avancement moyen était environ de 1 mètre par 24 heures.

Grands treuils horizontaux a vapeur *pour les grandes profondeurs et l'usage des instruments à chute libre.* — Les treuils pour les grands sondages, auxquels nous appliquons généralement le système à chute libre, sont bien plus simples que le précédent. Ils sont également horizontaux, et nous leur appliquons une machine indépendante, à cylindre fixe. Les frais de l'installation de ces appareils disparaissant devant l'importance du travail à accomplir, nous n'avons pas dû hésiter à supprimer les cylindres oscillants, suppression avantageuse au reste par suite de l'économie de combustible réalisée pendant la durée du travail.

L'appareil en lui-même se compose, comme on le voit

planche 28, *fig.* 1 et 2, d'un tambour de relevée A, qui porte à son extrémité une roue B engrenant avec un pignon C, lié d'une manière invariable à la poulie de frein D folle, comme lui, sur l'axe de la machine, dont ils deviennent solidaires au moyen d'un manchon d'embrayage E. On a ainsi tout ce qui constitue un treuil propre à la descente ou au retrait de la sonde. Le manchon d'embrayage E, ainsi qu'on le voit, est double; lorsque la sonde est descendue et qu'il s'agit de lui transmettre le mouvement de batterie, on embraye l'autre pignon F qui, à son tour, devient ainsi solidaire de l'axe de la machine et entraîne une roue montée sur l'axe G. Cet axe G porte à son extrémité un plateau H, percé de trous destinés à recevoir un bouton de manivelle qui, au moyen d'une bielle I, transmet au balancier de la sonde le mouvement d'oscillation nécessaire pour le battage. L'amplitude de l'oscillation transmise dépend, comme on le voit, de la position du bouton dans l'un des trous du plateau; elle peut varier de 25 à 70 centimètres. Ce treuil, sans la machine, pèse environ 3,000 kilog.

Manœuvre des sondes avec les treuils a vapeur.—Lorsque les treuils sont manœuvrés à bras d'homme, l'intelligence de ceux-ci suffit toujours pour en tirer un parti plus ou moins habile; mais lorsqu'on y substitue la vapeur, force très-docile quand elle est bien employée, mais brutale sous une main inexpérimentée, il est nécessaire d'être bien familiarisé avec la machine. Au reste, ce n'est que pour la descente et le retrait de la sonde qu'il faut une certaine habitude; car la manœuvre de battage est tellement simple, quel que soit le procédé employé, que nous nous dispenserons d'en parler maintenant.

Lorsqu'il s'agit d'un treuil n° 1, la roue unique, montée

sur l'axe du tambour, porte elle-même les galets pour le battage à la came, et le système de battage au débrayage se trouve du côté opposé. On comprend que ce que nous venons de dire ne s'applique qu'aux grands treuils, où les fonctions de battage et de relevée des sondes sont complétement séparées. Dans les treuils n° 1, lorsque l'on veut imprimer aux sondes un mouvement de percussion, il faut retirer la chaîne du crochet du tambour de manière à ce que celui-ci puisse tourner sans entraves. Lorsqu'il s'agit, au contraire, du retrait ou de la descente de la sonde, on comprend qu'il faille relier la chaîne au tambour, travail inutile dans les grands treuils. Ceci dit, les manœuvres sont identiques.

Quatre ouvriers sont nécessaires à la descente et à la remonte de la sonde. Le premier ou chef de sonde doit se tenir au treuil, pour la manœuvre du frein et de la machine. Le second se met près du trou de sonde pour visser ou pour dévisser les barres, et placer ou retirer la clef de retenue, à mesure que les emmanchements se présentent; le troisième se tient dans la chèvre à la hauteur de la partie supérieure des tiges pour les accrocher au pied de bœuf ou les en décrocher, c'est ce qu'on appelle un décrocheur; et enfin le quatrième surveille le feu, donne un coup de main au volant lorsque la machine, arrêtée au point mort, ne peut le dépasser.

Nous avions pensé à obvier à cet inconvénient d'arrêt au point mort en couplant deux petites machines; nous avons rejeté cette idée, trouvant justement un avantage à cette petite difficulté. La machine, ne recevant que juste la vapeur nécessaire à l'effort qu'elle doit vaincre, s'arrête sans trop de brutalité à la rencontre d'un obstacle, ou tout au moins ne prolonge pas son effort au delà du point mort; on évite ainsi soit des rup-

tures de tiges, soit des déchirures dans le tubage, si l'arrêt est causé par quelques saillies dans leur parcours.

Lorsque le chef de sonde veut remonter le pied de bœuf à la hauteur de l'extrémité de la tige à descendre (nous supposons que l'outil est dans le trou et que son emmanchement repose sur la clef de retenue), il embraye le pignon du treuil, il ouvre le robinet de vapeur qui, par une transmission de mouvement, doit se trouver à portée de sa main, et la machine se met en marche. Le pignon commande la roue sur laquelle est fixé le tambour, la chaîne s'enroule en enlevant le pied de bœuf qui, arrivé à la hauteur voulue, reçoit la partie supérieure de la tige présentée par le décrocheur, et l'enlève jusqu'à la hauteur de l'emmanchement de l'outil qui repose sur la clef de retenue et auquel on veut l'adjoindre. Le chef de sonde ferme alors le robinet de vapeur, serre le frein en débrayant, et le mouvement du tambour s'arrête ainsi instantanément ; alors, en desserrant progressivement le frein, on laisse descendre doucement la tige, de manière à ce que l'ouvrier chargé de la visser puisse le faire commodément à l'aide d'un tourne-à-gauche. Ceci fait, le chef de sonde rembraye de nouveau, lève son frein, ouvre le robinet de vapeur et fait faire une révolution à la machine, afin d'enlever la sonde de dessus la clef de retenue et permettre au visseur de la retirer, tandis que lui-même appuie sur son frein, ferme le robinet de vapeur, débraye, puis laisse glisser la tige dans le trou jusqu'à son emmanchement supérieur, qu'on reçoit sur la clef de retenue où elle repose, pendant que le pied de bœuf, dégagé de cette première tige, remonte pour recommencer une opération analogue, avec une suivante.

L'emploi de la vapeur dans les sondages nécessite, de la

part de l'ouvrier chargé de la conduite du feu et de la machine, d'assez grandes précautions, surtout lorsque ces machines sont placées dans de mauvaises conditions, ce qui est souvent une conséquence naturelle du peu de stabilité que présentent nos établissements de sondage; la courte durée des travaux empêche de faire les dépenses nécessaires à une organisation irréprochable.

Quoique n'ayant jamais pris pour cela d'ouvriers spéciaux, depuis bientôt quinze ans que nous employons la vapeur sur nos travaux, il ne nous est jamais arrivé le moindre accident; les prescriptions suivantes ont suffi pour ce résultat.

Le niveau de l'eau dans la chaudière étant la première chose à déterminer d'une manière certaine, le chauffeur devra régler son niveau siffleur de telle sorte que l'eau ne puisse jamais, dans la chaudière, descendre plus bas que 0m.10 au-dessus de la partie léchée par la flamme de son fourneau et appelée *surface de chauffe*. Ce niveau devra correspondre au point le plus bas de la course de son flotteur : à ce point, le sifflet doit se faire entendre, afin d'avertir qu'il faut alimenter de suite. Lorsque l'eau est à 0m.15 au-dessus de la surface de chauffe, l'aiguille placée à l'extrémité du flotteur doit marquer zéro. On ne doit pas monter le niveau de l'eau au-dessus de 0m.05 de ce zéro; à ce point, le sifflet doit encore se faire entendre, pour indiquer que l'on doit cesser d'alimenter.

Trois robinets de petite dimension sont placés sur le devant de la chaudière et donnent des indications précises; il faut donc les interroger souvent : le premier, celui du haut, étant ouvert, ne doit donner que de la vapeur sèche; le second, de la vapeur plus ou moins humide; et le troisième, celui du bas, toujours de l'eau. Ces interrogations ne dispensent pas le

chauffeur de faire osciller son flotteur quatre ou cinq fois par jour, de manière à s'assurer qu'il fonctionne bien.

La grille doit toujours être couverte d'une quantité de houille n'excédant pas 0m.15; cette quantité est suffisante lorsque le feu est bien entretenu. Le chauffeur doit, de dix en dix minutes, veiller à son feu, retourner son charbon, briser les parties qui se sont agglomérées et retirer avec le plus grand soin les scories qui se forment et qui, en s'attachant à la grille, la brûleraient; il doit toujours maintenir cette dernière bien nette. Si un barreau, par suite de l'abandon du feu, est brûlé, il se courbe, et, s'il n'est retiré à temps et remplacé par un autre, il entraîne la perte de ses voisins. On devra, pour remplacer ces barreaux brûlés, en avoir toujours une demi-douzaine de rechange.

Lorsque le feu a besoin d'être activé, il suffit de lever le registre, dont le contre-poids doit alors se trouver à portée de l'homme qui veille au feu. Celui-ci devra aussi maintenir le cendrier de son fourneau toujours propre, et n'y laissera jamais accumuler de cendres, car elles entretiennent sous la grille une chaleur nuisible au tirage; il devra, au contraire, lorsque ce tirage sera trop lent, jeter de temps en temps de l'eau sur le cendrier, afin de le rafraîchir.

Si la cheminée du fourneau se trouvait dans des conditions telles que son tirage fût mauvais, par suite d'obstacles voisins ou de son peu de hauteur, ou encore de l'insuffisance de sa section (car elle se compose quelquefois simplement de tuyaux de sondage à utiliser sur place), on pourrait remédier à cet inconvénient en y faisant passer la vapeur perdue au sortir du cylindre. On peut aussi, au moyen d'un tube, prendre de l'air froid à l'extérieur de l'atelier et l'amener sous la grille.

Le chauffeur doit toujours veiller à ce que son manomètre, placé d'une manière convenable pour qu'il puisse facilement y jeter les yeux à tout moment, ne marque jamais un nombre d'atmosphères supérieur à celui qu'indique le timbre de la chaudière; il devra même se maintenir, pour les chaudières, à une demi-atmosphère en dessous.

Si, pour cause d'arrêt de la machine ou pour toute autre circonstance, la dépense de vapeur cesse, il devra de suite baisser son registre et ouvrir les portes de son fourneau; si c'est un arrêt qui doit durer longtemps, il devra couvrir son feu avec les débris de charbon tombés sous la grille; à cet effet, il aura le soin de les débarrasser de toutes les scories qui les accompagnent. Il peut encore profiter de cette circonstance, s'il en est besoin, pour alimenter au maximum.

Les deux soupapes, placées ordinairement aux deux extrémités de la chaudière, doivent fonctionner aussitôt que le nombre d'atmosphères porté au timbre est marqué par le manomètre; elles laissent échapper l'excès de vapeur; il faut pour cette raison ne jamais rien ajouter au poids qui les équilibre, et veiller à ce que les deux couronnes de contact ne soient jamais adhérentes l'une à l'autre; le chauffeur doit, plusieurs fois par jour, soulever légèrement leur levier, afin de les faire jouer et de s'assurer de leur mobilité.

Lorsque le niveau de l'eau est bas, on doit, en même temps que l'on fait fonctionner la pompe alimentaire, pousser le feu de manière à ce que l'abaissement de température causé par l'introduction de l'eau à un degré peu élevé ne fasse pas baisser la tension de la vapeur et aussi diminuer la vitesse de la machine.

La chaudière doit être nettoyée au moins une fois par mois,

si l'eau ne contient pas de sels capables de s'attacher aux parois, et au moins tous les quinze jours dans le cas contraire. Ici, c'est une question de tact et d'expérience qui regarde le directeur du sondage. Pour cette opération, il faut commencer par jeter le feu bas, puis ouvrir doucement le robinet de décharge placé à la partie inférieure de la chaudière (quelquefois c'est un système de siphon plongeant jusqu'à 3 ou 4 centimètres du fond, la vapeur par sa pression tend à faire sortir l'eau par cette issue), en ayant soin d'établir, avant, des conduits jetant l'eau au dehors de l'établissement et disposés de manière que les ouvriers ne puissent pas être atteints par l'eau bouillante. Une fois la chaudière vide, on ouvre le trou d'homme, placé ordinairement à la partie supérieure, et l'on débouche les bouilleurs s'il y en a, mais avec précaution, parce qu'il reste toujours, derrière leur fermeture, une certaine quantité d'eau chaude qu'il faut laisser échapper en petite quantité pour ne pas se blesser; en un mot, on favorise, autant que possible, le refroidissement (sans toutefois le brusquer par des moyens énergiques), afin qu'un homme puisse entrer dans la chaudière et les bouilleurs, lorsque la chaleur est devenue supportable.

Quand le tartre est attaché à la chaudière, on le casse à l'aide d'un petit marteau à panne aiguë, et l'on met la tôle parfaitement à nu. Ce tartre, en empêchant le contact immédiat de l'eau avec la tôle, s'oppose au refroidissement de cette dernière et permet au feu de la porter au rouge; la poussée de la vapeur peut alors occasionner un gonflement, ou coup de feu, qui déterminerait une explosion.

Lorsqu'une fissure se déclare, soit par un défaut de tôle, soit par une rivure mal faite, il faut y porter remède de

suite, quelque légère qu'elle soit, car si la fuite est peu considérable, l'eau ne peut s'opposer par son évaporation à l'élévation de température sur ce point; elle est, au contraire, décomposée par le fer rouge avec lequel elle se trouve en contact. Son oxygène se trouve absorbé par le métal qui passe à l'état d'oxyde, et son hydrogène concourt, par sa combustion, à élever la température sur ce point; la partie malade tend donc à se détériorer de plus en plus et très-promptement.

Plusieurs substances sont employées pour empêcher l'adhérence du tartre aux chaudières, entre autres l'argile, les pelures de pommes de terre, la teinture de campêche et quelques préparations acides (nous n'avons pas à juger ces produits, plus ou moins avantageux selon les circonstances). Nous nous bornons à prescrire le frottage des parois avec un mélange de saindoux et de plombagine (carb. de fer), qui a l'avantage de s'opposer, non à la formation des dépôts, mais à leur adhérence au métal, ce qui permet un prompt et facile nettoyage.

La pompe alimentaire doit toujours être entretenue dans un état parfait; la garniture dans laquelle passe le piston doit être renouvelée souvent; elle se fait toujours en chanvre suifé, et doit être serrée modérément. Le réservoir du presse-étoupe doit toujours être plein d'eau si la pompe est verticale; il faut éviter que l'huile ne puisse s'introduire par cet endroit dans la pompe. Le graissage de la bielle actionnant le piston doit donc se faire avec précaution, car l'huile, une fois dans la pompe, passerait par le porte-clapet et empêcherait ceux-ci de fonctionner. Il faut, quand cet accident arrive, les retirer, les nettoyer parfaitement et les roder avec un peu de sable fin. Il arrive aussi quelquefois que les clapets cessent de fonctionner lorsque sous le couvercle du porte-clapet il s'établit

un matelas d'air ; il suffit alors de desserrer la bride de ce couvercle et de laisser l'air s'échapper. Lorsque les clapets se mettent de travers, ou qu'un obstacle les empêche de retomber sur leur siége, en un mot lorsqu'ils fonctionnent mal, il suffit quelquefois, pour les faire revenir à leur place, de fermer et d'ouvrir brusquement le robinet d'aspiration de la pompe. Ce robinet est le seul que l'on puisse ouvrir et fermer ainsi ; tous les autres doivent être ouverts lentement et fermés de même, sous peine de faire rompre des tuyaux.

Le cylindre à vapeur, surtout dans les machines oscillantes, étant la partie essentielle de la machine, on doit veiller à ce que tout ce qui contribue à sa marche régulière soit entretenu avec le plus grand soin. Si la distribution se fait par un tiroir, il doit être parfaitement réglé ; si c'est par une coquille, elle doit être parfaitement rodée, de manière à ne pas laisser échapper de vapeur, sans cependant que son frottement soit dur. Le piston doit être visité souvent, au moins tous les deux mois, afin de s'assurer si les ressorts ne sont pas détendus, ou s'il n'y en a pas de cassés, ce qui arrive quelquefois ; aussi est-il prudent d'avoir une garniture de rechange. La tige du piston passe dans un presse-étoupe faisant partie du couvercle du cylindre. Cette garniture doit être faite tous les quatre ou cinq jours, elle se compose de chanvre tressé mollement, enduit de suif ou d'huile de pied de bœuf ; il faut la remplacer souvent, parce qu'étant toujours exposée à une forte température, malgré le graissage fréquent, elle se cuit et devient tellement dure qu'elle rayerait et détériorerait promptement la tige du piston.

Le graissage de la boîte à vapeur ou coquille de distribution, de la tête de tige du piston, etc., doit se faire à l'huile de

pied de bœuf extrêmement pure. L'huile ordinaire, le saindoux et le suif, suffisent pour toutes les autres parties du mécanisme.

Le tuyau d'arrivée de la vapeur au cylindre doit être entouré de substances propres à éviter, autant que possible, toute déperdition de chaleur, surtout lorsque l'emplacement n'a pas permis de mettre la prise de vapeur sur la chaudière plus bas que son arrivée au cylindre; la condensation qui a lieu dans ce tuyau est refoulée dans le cylindre et y est très-pernicieuse, car ne pouvant être expulsée assez vivement, lorsque l'échappée de vapeur est ouverte, elle se trouve renfermée dans un espace trop étroit pour la contenir et comprimée de manière à causer des ruptures. Il suffirait pour que cet accident eût lieu, surtout dans les froids d'hiver, que la machine, ayant été arrêtée pendant deux ou trois minutes, fût remise subitement en marche; le résultat pourrait être que l'une des extrémités du cylindre fût rompue ou la tige du piston faussée. Pendant le battage, la marche de la machine étant régulière, cet accident est peu à redouter, mais il n'en est pas de même pendant les arrêts fréquents que nécessitent les manœuvres de la sonde. On obvie à cet inconvénient en adaptant au couvercle et au fond du cylindre deux petits robinets purgeurs, que l'on ouvre chaque fois qu'on met la machine en mouvement, et même quelquefois pendant la marche, lorsque l'on entend le choc de l'eau dans le cylindre.

Les joints se font avec un mastic composé de : une partie de blanc de céruse broyé avec de l'huile de lin, et deux parties de minium; on bat le tout ensemble avec un gros marteau ou un battoir, jusqu'à ce que cette pâte soit assez consistante pour ne plus s'attacher aux mains. On y introduit alors du chanvre

coupé à 5 millimètres de longueur, afin de donner une plus grande consistance.

DES CHAUDIÈRES. — Nous avons débuté par l'emploi de chaudières tubulaires qui nous permettaient, sous un faible volume et sans dépenses considérables de construction, d'avoir une grande production de vapeur avec économie de combustible. Nous avons dû promptement renoncer à ce système, inapplicable dans la plupart des circonstances : en effet, si l'on nous appelle dans une localité, c'est le plus souvent pour procurer de l'eau quand on en manque, ou parce que celle que l'on possède est de mauvaise qualité. Nous nous trouvons donc les premiers en butte à tous les inconvénients que causent les mauvaises eaux dans les chaudières. Comme en sondage il se présente souvent des circonstances où un arrêt serait une chose fâcheuse, il faut se mettre en garde contre un appareil trop susceptible de se déranger, ou qui exigerait des arrêts fréquents pour son nettoyage, opération souvent longue et difficile à bien faire. C'est ainsi que nous avons détruit, en quelques mois, notre première chaudière tubulaire.

Nous avons adopté des chaudières longues, ayant quelquefois un simple bouilleur réchauffeur sur le côté, et nous nous en trouvons bien. La construction du fourneau est simple, et la dépense du combustible, quoiqu'un peu forte, est bien compensée par la conservation de l'appareil et la sécurité qu'il présente.

Dans quelques cas exceptionnels nous avons employé, comme moteur complet, des locomobiles, mais on ne peut songer à généraliser leur emploi par les raisons précédentes.

En dehors des treuils que nous avons décrits, nous faisons usage, dans certaines circonstances, de deux engins mus à

bras, au moyen de manivelles, ou à vapeur, au moyen d'une poulie avec courroie, qui reçoit le mouvement du treuil principal.

MOTEUR POUR CHUTE LIBRE. — Lorsqu'on veut accélérer un travail déjà profond, commencé avec un treuil autre que celui représenté planche 28 (*fig.* 1 et 2), et que la dureté des roches à traverser indique que le battage à chute libre produirait un bon effet, on se sert de l'engin additionnel (pl. 29, *fig.* 4 et 5). Il se compose, comme on le voit, d'un simple bâti en bois, profondément scellé dans le sol; sur ce bâti, un axe A porte un pignon B, un volant C de petit diamètre et assez lourd pour régulariser le mouvement, et enfin, à ses extrémités, deux manivelles sur lesquelles les hommes appliquent leur force. Ces manivelles sont remplacées par une poulie qui occupe la place du volant, lorsque le mouvement est transmis par une machine à vapeur. Le pignon B engrène avec une roue D, qui porte à l'une des extrémités de son axe un plateau E. Ce plateau, comme nous l'avons déjà vu aux grands treuils à chute libre, porte également un bouton F, fixé dans l'un des trous pratiqués à des distances inégales du centre pour varier la course transmise par la bielle au balancier, dans le mouvement oscillatoire nécessaire, comme nous le verrons plus loin, au jeu de la coulisse.

TREUIL A CORDE. — Lorsqu'un sondage devient profond, et que les nettoyages nécessaires pour le débarrasser des boues et des détritus qui s'accumulent à sa base seraient longs, et dès lors coûteux, il convient de recourir, pour la vidange, à des moyens plus rapides. Au lieu de fixer la soupape destinée à cet usage à l'extrémité du jeu de tiges, on l'accroche simplement au bout d'une corde en fil de fer ou en chanvre goudronné,

qui s'enroule sur un tambour en bois de fort diamètre. Le treuil (pl. 25, *fig.* 3 et 4) est destiné à cet usage. Lorsque les boues sont liquides, une soupape légère à anse suffit ; lorsqu'au contraire les boues sont épaisses, ou que l'on a des sables se tassant fortement, on doit surmonter la soupape de une ou deux lourdes tiges. Ce treuil, dont la description est inutile, sa construction étant aussi simple que possible, se manœuvre soit à bras, soit au moyen d'une courroie actionnée par la machine dans les grands sondages. On remplace alors les manivelles par deux poulies jumelles, l'une fixe, l'autre folle, placées à l'une des extrémités de l'axe du pignon. Une main en fer fait glisser la courroie de l'une sur l'autre.

Pour la manœuvre, si le treuil est mû à bras, la corde passant sur la poulie spéciale qui doit la recevoir, et la soupape étant suspendue à son extrémité au-dessus du forage, on dégrène le pignon de la roue et on laisse glisser soupape et corde jusqu'à ce qu'on approche du fond. Là, une légère pression sur le frein modère la vitesse, de manière à ce que la soupape n'éprouve pas un choc violent sur le fond, ou que si les boues sont épaisses, elle ne s'y enfonce pas trop profondément.

La pénétration trop énergique d'une soupape dans les boues épaisses la transforme en un piston plein qui, fonctionnant dans un cylindre assez consistant, détermine, pour son soulèvement, une résistance d'autant plus grande, que la masse d'eau qui existe dans le forage a une plus grande hauteur. Les efforts de traction pour se dégager entraînent souvent la rupture du câble, à moins qu'on ne prenne le parti de descendre le long de la corde la sonde munie d'un outil spécial pour aller dégager la soupape. Une rupture de corde

est plus à craindre qu'une rupture de chaîne, car celle-ci tombe presque verticalement, tandis que la corde, se brisant sous une élasticité très-grande, se détend comme un ressort avec un mouvement de fouet très-dangereux. Il est donc prudent de ne jamais avoir la main sur la corde, et de ne pas rester trop près, lorsqu'on opère des efforts de traction, ou même dans la manœuvre habituelle de retrait, car un obstacle imprévu peut produire un arrêt brusque de l'outil et amener la rupture du câble.

Il faut donc que la personne qui manœuvre le frein de ce treuil commence à appuyer dessus, lorsque la soupape est à 8 ou 10 mètres du fond, de manière à ce qu'aussitôt que cet instrument trouve une résistance, il ne s'engage que par son poids et non par sa vitesse acquise. Lorsque l'instrument s'arrête on réengrène le pignon, les hommes agissent sur les manivelles pour enlever de quelques mètres; celui qui est au frein appuie alors, pour permettre de dégrener, puis laisse glisser de nouveau. On recommence cette opération jusqu'à ce qu'on suppose la soupape pleine, ou jusqu'à ce qu'elle ait touché franchement le fond du sondage, alors on remonte tout. Cette manœuvre de va-et-vient, imprimée à la soupape au fond du trou de sonde, s'appelle pompage.

Si le mouvement est transmis au treuil par une courroie, elle roule, dans la descente, sur la poulie folle, pendant qu'on laisse la corde se dérouler; lorsque la soupape est au fond, on fait glisser la courroie de la poulie folle sur la poulie fixe, et l'on remonte de quelques mètres; on ramène de nouveau la courroie sur la poulie folle, pour laisser redescendre encore et opérer le mouvement de pompage.

Au lieu de deux poulies on peut n'en mettre qu'une, qui

reçoit le mouvement au moyen de la courroie; c'est alors le pignon qui est fou sur l'axe, dont il devient solidaire au moyen d'un manchon d'embrayage.

La vitesse à imprimer aux cordes ne doit pas dépasser un mètre par seconde pour la descente, et n'être pas plus de moitié pour la montée.

CHAPITRE VIII

DES DIFFÉRENTS INSTRUMENTS DE SONDAGE

ET DE CEUX QUI SERVENT A LES METTRE EN OEUVRE[1].

Outils accessoires. — Tiges de sonde. — Outils rodeurs. — Outils percuteurs. — Outils de nettoyage et de vidange. — Outils vérificateurs. — Outils raccrocheurs. — Outils redresseurs. — Engins pour les sondages horizontaux. — Engins pour les sondages dans les angles de murs.

OUTILS ACCESSOIRES.

Une tête de sonde (pl. 2, *fig.* 13) est un emmanchement femelle portant un anneau tournant très-solide, par lequel on joint cet instrument aux différentes attaches de suspension, à l'extrémité des chaînes de relevée ou de levier de battage. Les têtes de sonde étant toujours hors de terre, et généralement placées au-dessus du manche, sont susceptibles de se dévisser, de prendre du jeu sur le tenon des tiges. Lorsqu'elles devien-

[1] Ce titre ne comprend que ce qui est relatif aux différents systèmes que nous mettons en pratique. Nous en avons éliminé les instruments qui ont rapport au retrait des colonnes de garantie, et dont nous parlerons au chapitre *Tubage*.

nent ce qu'on appelle vulgairement un peu gaies, et qu'elles se dévissent trop fréquemment sous les chocs produits par la percussion, on y obvie en entourant les deux parties par une corde en hélice, ou par un moraillon à branches verticales embrassant à la fois le mâle et la femelle.

Lorsque, ayant fini de battre, on retire la sonde en la laissant munie de la tête, ce que du reste on peut éviter, il faut, si cette dernière n'est pas fixée au mâle par le moyen qui vient d'être indiqué, et si, en montant, on a à imprimer à la sonde un mouvement de rotation, veiller à ce qu'elle ne se dévisse pas, parce qu'il en résulterait immédiatement la chute de la sonde entière dans le trou. Des accidents de cette nature, qui ne sont que le résultat d'un manque d'attention, arrivent quelquefois et en entraînent de plus compliqués.

La figure 14 représente une tête de sonde à galet. Elle ressemble à la précédente; mais, au lieu d'un anneau simple, elle se termine par une chape tournante, munie, au haut, d'un galet A A, évidé selon le diamètre du cordage qu'il doit recevoir. Cette tête de sonde s'applique au levier à battre, lorsqu'on emploie un cordage au lieu de chaînons ou de tringles, ce que, par économie, on doit éviter de faire.

(Pl. 20, *fig.* 4.) Tête de sonde ayant à sa partie supérieure un anneau tournant, comme la première décrite, et au-dessous un œil, quelquefois même deux, dans lesquels on passe des leviers en bois qui remplacent le manche de manœuvre. On ne fait guère usage de cette disposition, aujourd'hui, que par économie, et c'est une économie mal entendue, parce qu'elle rend les manœuvres moins faciles, l'instrument se trouvant tantôt trop haut, tantôt trop bas. Elle sert tout au plus pour les petites sondes.

(Pl. 2, *fig.* 15.) Tête de sonde à enfourchement tout à fait semblable à celle de la figure 13, dont elle ne diffère que par la nature de l'emmanchement, qui est celui d'une tige à boulons et écrous figurée planche 1re, figure 1re.

(Pl. 2, *fig.* 16.) Chape à chevillette double, dont on se sert comme clef de relevée pour la sonde à enfourchement et à boulons.

CLEF DE RELEVÉE OU PIED DE BOEUF. — Cet instrument prend chaque tige au-dessous du pas de vis ou de l'enfourchement, pour la remonter du trou ou pour l'y descendre. Il est composé de deux parties horizontales A et C (pl. 2, *fig.* 11), réunies par deux branches B B faisant corps avec la première, et fixées à la seconde par les rivures de leurs extrémités au-dessous de ladite pièce, ou par des écrous se vissant sur ces extrémités taraudées; un anneau tournant K sert à le relier à la chaîne du treuil; la pièce C porte une entaille X, dans laquelle entre la tige; celle-ci, prise sous l'épaulement ménagé à cet effet au-dessous du tenon, est retenue par un crochet D, solidement construit, tournant librement sur un boulon fixé horizontalement en S, et s'abattant sur un autre boulon placé en E, destiné à recevoir l'entaille du crochet. Le crochet D, quand il est ouvert, se maintient à peu près vertical, au moyen d'une petite saillie circulaire qu'il porte et qui vient butter contre un talon ménagé sur le boulon S; de cette manière il suffit, pour le fermer, de le pousser légèrement.

La clef de relevée (*fig.* 17) est le véritable *pied de bœuf*, sa construction comme pièce de forge étant plus douteuse, sous le rapport de la solidité, on ne l'emploie guère pour les sondages profonds.

Clef Flachat. — On a conservé à cet instrument le nom de l'habile ingénieur qui, pendant quelques années, s'est occupé de sondages et y a apporté d'importantes améliorations. Cette clef se compose d'une plaque à deux branches A B (pl. 2, *fig.* 12), portant une entaille C plus grande que la section de la tige de sonde, et entourée sur ses côtés d'une partie acérée D D. Deux chapes à anneau unissent la clef à la chaîne ou au câble de chèvre. Cet instrument a l'avantage de retenir la sonde à une hauteur quelconque, et sur une partie lisse, par l'effort oblique que le poids propre de la sonde lui fait exercer sur deux arêtes opposées de la mortaise ou entaille. Il est fort utile pour les accidents, surtout quand, ne pouvant monter une tige jusqu'à l'épaulement, pour l'appuyer sur la clef de retenue, on est obligé de perdre du temps en manœuvres longues; après avoir fait reposer d'abord la tige sur deux manches à vis de pression ou sur un moraillon en bois, on achève de la relever jusqu'à l'épaulement, à l'aide de la clef Flachat, ce qui est beaucoup plus commode.

La griffe ou clef de retenue (pl. 2, *fig.* 3 et 4) est une pièce sur laquelle repose la sonde pour la descente ou le retrait successif des tiges qui la composent. Sa résistance est en raison de sa largeur plutôt que de son épaisseur; son manche est coudé pour en faciliter le maniement.

Les figures 5, 6 et 7 sont des griffes modifiées pour les petites sondes d'exploration; la planche 20 en offre également quelques formes particulières. La figure 10 est aussi une griffe qui ne diffère de celle représentée *fig.* 3 et 4 qu'en ce qu'elle se fixe par une chaîne à l'un des montants de la chèvre, tandis que l'autre est arrêtée sur les couvercles du trou par une forte cheville à pattes ou à écrou.

Un tourne-à-gauche (pl. 2, *fig.* 1) ou grappin est un instrument avec lequel on saisit la sonde pour la tourner dans un sens ou dans un autre; il doit être en fer doux; le fond de sa fourche est renforcé, arrondi, et non à angles vifs; de même, la portion que l'ouvrier tient dans sa main doit être ronde et adoucie, pour qu'il puisse forcer, avec cet outil, sans se fatiguer.

Le tourne-à-gauche (*fig.* 2) est semblable au premier, si ce n'est qu'il est plus court, et qu'il porte à son extrémité une lentille qui lui donne du poids en ce point, et tend à le faire tourner rapidement avec la tige, qu'il sert à visser ou dévisser.

Tous ces instruments sont faits pour gripper sur des tiges carrées; s'il arrivait que l'on eût à agir sur des tiges rondes, ce qui est incommode, on pourrait employer le tourne-à-gauche à charnière (*fig.* 19).

Dans les petites sondes d'exploration, on se sert quelquefois aussi d'un tourne-à-gauche ayant son ouverture sur le côté (pl. 20, *fig.* 12), ce qui permet de lui faire remplir les fonctions de la clef Flachat.

Le manche de manœuvre (pl. 2, *fig.* 8) est un tourne-à-gauche double avec la disposition nécessaire pour le fixer sur les tiges. Il est composé, pour les grandes sondes, d'un fût en bois ferré, creusé latéralement suivant la forme des tiges; deux boulons le traversent; l'un AB fait charnière avec une barrière C; l'autre DP, terminé par une partie méplate, est percé d'un trou X, dans lequel on passe une chevillette pour maintenir la barrière fermée. La tige étant enfermée dans la mortaise K, on fixe le manche à l'aide de la vis de pression Z, dont l'extrémité est en pointeau et acérée. Pour relever ou

abaisser le manche, on le fait glisser le long de la tige après avoir desserré la vis en laissant la chevillette dans son trou, et on la serre de nouveau lorsqu'il est à la hauteur voulue.

On se servait anciennement d'un manche (*fig.* 9), encore en usage chez quelques sondeurs. La tige passe dans une mortaise V, où elle est retenue par un coin en orme S. Ce manche est imparfait en ce que, sur les roches dures, les secousses de la sonde font lâcher le coin, et que l'on est souvent obligé de relever le manche pour le remettre en place; il arrivait encore qu'après avoir rempli la tarière et relevé la sonde d'un mètre, il fallait imprimer de fortes secousses au coin pour le sortir, ce qui avait l'inconvénient d'imprimer à toute la sonde une trépidation qui faisait ébouler la portion de terrain retenue dans la partie supérieure de la tarière.

Pour les petites sondes d'exploration, de petits manches en fer et à vis de pression sont suffisants; on peut même, si la sonde ne doit agir que par rotation, employer, comme manche, une espèce de tourne-à-gauche ou de griffe double (*fig.* 13 et 14 de la planche 20).

Moraillon. — Pendant le battage sur des roches dures, ou lorsque l'on opère des efforts de traction considérables pouvant amener une rupture, soit dans les pièces du treuil, soit dans les chaînes de suspension, il est prudent d'avoir recours au moraillon (pl. 2, *fig.* 20). Il se compose de deux morceaux de bois dur très-résistants, entre lesquels on enserre fortement, au moyen de quatre forts boulons, la première tige, à 15 ou 20 centimètres au-dessus du sol. On comprend qu'en cas d'accident, la sonde se trouvera retenue au sol, n'ayant pu acquérir une vitesse assez grande pour que cet obstacle soit insuffisant pour l'arrêter. Cet instrument fort simple est surtout précieux

dans des roches fissurées, à la rencontre des vides qui existent parfois, ou lorsque, dans les opérations d'alésage ou autres, la sonde travaille dans les parois à une trop grande hauteur au-dessus du fond.

MORDACHES DE RETENUE. — Les chutes de sonde donnent lieu si souvent à des accidents dont la réparation est longue et coûteuse, que l'on doit prendre à l'avance toutes les précautions possibles pour les éviter, surtout lorsque la profondeur atteinte ou à atteindre est considérable. Voici l'outil dont on se sert à cet effet.

Soit, *a b* C D (pl. 2, *fig.* 18), une coupe faite par l'axe de l'excavation du sondage; *a'b'c'd'* le plan de cette excavation; deux fortes pièces horizontales F G, *fg*, *f'g*, laissant entre elles un espace rempli par deux échantignolles QQ, contre lesquelles elles sont assujetties à leurs extrémités par deux forts boulons, sont posées au fond de l'excavation, ou assises sur quatre pieux H, H, ou *f*, *f*, *g*, *g*. Entre elles se meuvent, par leurs extrémités, autour d'axes *l*,*l*, ou *ll'*, *ll*, de 7 à 8 centimètres de diamètre, deux pièces de bois de 0^{m}.80 de longueur, munies de mordaches acérées PP, PP. Quand elles sont abaissées dans la position à peu près horizontale, ces pièces se touchent, et quand elles se relèvent, elles varient d'ouverture selon les sinuosités ou les saillies des tiges de sonde, en décrivant les arcs MN, MN'. Si, par exemple, la chaîne ou le câble de poulie casse en remontant les tiges, ou que ce soit une rupture du treuil qui amène la chute de la sonde, celle-ci glisse d'abord, mais d'une très-petite quantité, entre les mordaches qui, en s'abaissant, l'étreignent et la tiennent suspendue. Les axes *l*,*l* ou *ll*, *l'l* sont adaptés à des brides à œil, boulonnées sur les pièces de bois K.K ou K'.K', tournent dans de forts paliers dont les semelles sont noyées et

boulonnées dans les pièces horizontales. Les mordaches sont les parties cintrées de deux brides analogues aux précédentes, et fixées de même par des boulons : elles sont piquées en grain d'orge dans le sens de leur abaissement; la sonde est maintenue latéralement entre elles par deux taquets Xy, ou X'y', X'y', fixes sur chacune des pièces et dans des sens opposés. Pour soulever les mordaches, lorsque l'on ne veut pas les utiliser, ou pour le passage des instruments, deux crochets à patte Z,Z ou Z',Z' sont cloués sur le flanc des pièces, et servent à y attacher deux cordes légères, passant sur deux poulies R, R', posées aussi dans l'excavation, et se réunissant en une seule, u, qui s'élève au-dessus du plancher où un ouvrier la tire ou l'abandonne selon les besoins.

La grande longueur que nous donnons aux pièces K.K est importante; d'abord, pour qu'elles soient pesantes, ensuite pour que l'arc NM qu'elles décrivent pour retenir la sonde, soit grand et n'amène pas un choc qu'un plus petit arc produirait, et dont le résultat serait de faire casser les pièces ou les ferrements auxquels elles sont adaptées.

Parachute. Un autre moyen plus simple de prévenir l'accident provenant d'une chute de sonde, c'est d'adapter à deux tiges inférieures, ou à une seule, un tampon de bois ferré légèrement, ou de tôle ; pour éviter la résistance qu'opposerait à la percussion ce corps qui occupe à peu près la surface du trou de sonde, on dispose la tige de manière à ce qu'elle y puisse tourner librement ; on donne aussi au tampon un poids spécifique plus grand que celui de l'eau, afin qu'il ne demeure pas sous la saillie des emmanchements.

En même temps que les tampons posés à la partie inférieure de la sonde servent de parachute, ils en atténuent aussi les

oscillations lorsque, dans une longueur de 200 mètres, on en met 20 ou 25 ; on peut les établir en fer côte de vache, et ils ont alors la forme d'une lanterne composée de 3 cercles sur lesquels sont posées les bandes de fer; la hauteur de cette lanterne, dans un sondage de 0m.25 de diamètre, est d'environ 0m.35 sur un diamètre de 0m.23 ; le jeu qu'elle laisse dans le trou de sonde est de 0m.01 sur le rayon. On évite, par l'emploi de ces manchons, la fréquence des ruptures de tiges qui sont occasionnées par la flexion qu'elles éprouvent après chaque choc ; on peut aussi par ce moyen employer, pour le percement des roches très-dures, de faibles tiges de 0m.03 de côté, par exemple, en munissant chaque tige d'une lanterne qui retombe, à chaque choc, sur une frette posée à chaud sur l'emmanchement femelle, et qui ne fait qu'ajouter à sa solidité.

Ce moyen d'éviter la flexion des tiges sur elles-mêmes, n'est applicable que dans la partie tubée du sondage, ou dans celle dont les couches de terrain sont compactes ; dans celles qui sont sujettes à se désagréger, il faut en éviter l'emploi, parce que la chute de leurs fragments engagerait les manchons et par suite la sonde.

OUTILS MUS PAR ROTATION.

TARIÈRES.

Les tarières sont appliquées au percement des terrains tendres, tels que certaines craies marneuses, des argiles, etc., à une petite profondeur ; leur emploi est plus économique que celui du trépan ; mais, lorsque les voyages de la sonde deviennent longs, il convient d'employer ce dernier de préférence. Les tarières sont souvent plus utilement mises en œuvre

pour le retrait des débris, pour l'alésage du trou de sonde et la prise des fragments d'outils rompus. Dans les petits diamètres elles suffisent souvent, sans qu'elles soient accompagnées d'autres instruments, pour explorer le sol à peu de profondeur, c'est-à-dire 20 à 30 mètres ; dans de plus grands, c'est le seul outil qui convienne avec la langue américaine, pour des trous peu profonds (de 1 à 2 mètres) destinés au placement de pieux qui n'exigent pas une grande solidité, ou pour des puisards appropriés à l'agriculture. C'est avec la tarière que l'on commence un sondage dans les couches meubles, quel que soit son diamètre, et que l'on fait descendre la colonne de garantie qui doit les intercepter. La forme de cet outil varie suivant la nature des terrains dans lesquels on l'emploie.

Fig. 1[re], pl. 10. Tarière à talon *a* ou *aaaaa,* ou à mèche un peu courbée, pour le passage des couches meubles voisines du sol, tels que sables argileux, etc., ou pour le retrait des débris dans un sondage de grand diamètre, quelle qu'en soit la profondeur. Son arête D est en dehors de la circonférence sur laquelle se trouve le point C.

Fig. 2. Tarière sans talon, à mèche moins courbée, plus mordante, fermée un peu vers le haut pour le percement des craies très-tendres, de certaines marnes, de sables argileux, sur un diamètre moyen et à des profondeurs de 20 à 30 mètres.

Fig. 3. Tarière fermée, composée d'une tarière ordinaire, close verticalement par un demi-cylindre en fer battu, fixé à la tarière par deux broches Y, Y' passant dans plusieurs tenons et mortaises, pratiqués les uns sur la tarière, les autres sur le demi-cylindre. Cet outil est destiné au retrait des matières déliquescentes ; il porte un talon X qui les empêche de tomber.

Fig. 4. Tarière très-ouverte sans talon, mèche droite, analogue à quelques tarières de charpentier, longue et diminuant un peu de diamètre vers le haut, spécialement destinée au passage des argiles et de tous les terrains peu durs qui, comme les argiles, peuvent se mouler sur elle et y demeurer adhérents; c'est avec cet instrument que les sondeurs ramènent au sol ce qu'ils appellent des carottes.

Fig. 13. Tarière un peu moins ouverte que la précédente, mèche coupante et peu courbée, à talon, à arête saillante pour le retrait des débris en même temps que pour l'alésage du trou de sonde.

Fig. 12. Tarière rubanée, de petit diamètre, à talon, combinée avec une langue américaine pour le passage d'argiles tendres.

Fig. 5. Tarière presque entièrement fermée, quelquefois même totalement, mèche fortement inclinée se rapprochant de l'horizontale, talon large et laissant entre lui et la mèche un vide de 0m.04 à 0m.08, courte, arête droite ou en hélice; diamètre petit relativement à celui de la colonne dans laquelle elle travaille, et qu'elle est destinée à faire descendre, en retirant les cailloux et les sables qui en embarrassent la base. Nous reparlerons de cet instrument au chapitre des opérations de tubages, nous nous dispensons donc de le décrire plus longuement. Nous dirons seulement que lorsqu'on n'a pas sur place une tarière d'un calibre en rapport avec le diamètre de la colonne, on peut, si une grande tarière est en mauvais état, la faire fermer au diamètre voulu; le talon peut se rapporter à l'intérieur avec des vis. Lorsque l'on n'a que de petites tarières ouvertes, on y adapte, avec des rivets, une plaque de tôle longitudinale et l'on obtient la forme demandée.

LANGUES AMÉRICAINES OU DE SERPENT.

Pour le percement de certaines couches, ces langues donnent à peu près les mêmes résultats que les tarières ; les unes sont employées dans les argiles compactes, les autres dans des terrains peu résistants ; enfin elles servent quelquefois à l'alésage du trou, ainsi qu'au retrait des débris. Elles sont en fer battu et acérées sur les bords dans toute leur hauteur.

Pl. 10, *fig.* 15. Langue américaine, dite Hardi, en fer épais, à arêtes en hélices, allongées, acérées et bien coupantes ; on l'emploie dans les argiles compactes en la faisant alterner avec la tarière de même diamètre.

Fig. 6. Langue longue de 2 et 3 mètres, hélices allongées, servant au retrait de certaines marnes ou argiles coulantes. Elle doit être employée avec précaution dans des resserrements de terrain, et avec une sonde à vis surtout, parce que, lorsqu'elle est engagée, ses arêtes contournées rendent son retrait difficile.

Fig. 7. Langue à nombreux tours d'hélice, propre au passage de terrains maigres, tels que sables secs et agglutinés, ou marnes sableuses.

MÈCHES ANGLAISES.

Dans le système de forage par rotation on emploie la mèche anglaise, ainsi que beaucoup d'autres instruments, tels que des couronnes dentelées et soigneusement acérées, des lames circulaires striées suivant des rayons. Notre système s'éloignant de plus en plus de la rotation exclusive, que nous n'avons

du reste jamais employée que dans des circonstances exceptionnelles, ou pour de petites profondeurs, nous n'avons conservé, des instruments de cette série, que la mèche dite *anglaise*, qui est quelquefois propre au passage d'argiles ou de marnes très-compactes, et surtout pour traverser les pilotis que l'on rencontre souvent dans l'exploration du sol des rivières, ports, etc. Comme c'est un instrument connu, nous n'ajoutons pas de détails à la figure 16, planche 10.

TIRE-BOURRE.

Les tire-bourre sont destinés au retrait des cailloux roulés, ou à celui des outils cassés dans le trou de sonde (pl. 10, *fig.* 14). Ils sont à une ou deux hélices, en fer large sur champ ou en fer rond. La partie qui exige le plus de solidité est la naissance de l'hélice sur la tige. Quelle que soit la force du fer, il faut roder légèrement avec le tire-bourre, parce que l'hélice se rompt souvent ou s'ouvre au delà du diamètre normal du trou, soit dans des passages élargis, soit en pénétrant dans les parois. On l'emploie aussi pour traverser certains sables, dans lesquels il fait l'office de la tarière; si les sables sont gras, ils restent dans les tours de l'hélice; mais son emploi le plus utile est pour enlever les gros fragments de silex dans la craie.

ALÉSOIRS.

Les tarières et les langues de serpent servent dans quelques cas comme alésoirs, mais il en est d'autres où elles sont insuffisantes; par exemple, dans les terrains tendres en masses, mais contenant çà et là des plaquettes ou des rognons durs, la tarière ou le trépan qui les a traversés a souvent laissé de côté

les parties dures, ou du moins n'a fait que les entamer, de sorte que la distance horizontale qui sépare ces irrégularités, prises à différentes profondeurs, n'est pas égale au diamètre du trou primitivement adopté. Il est nécessaire, pour produire un alésage régulier, d'attaquer à la fois plusieurs de ces parties saillantes, et, pour cela, d'employer des alésoirs d'une grande longueur. Nous indiquerons seulement ici quelques-uns des alésoirs ordinairement employés, et, lorsqu'il sera question du redressement d'un sondage, nous donnerons de nouveaux détails sur ce sujet.

Pl. 10, *fig.* 8. Alésoir à 4 branches de 6 mètres de longueur. Une tige A C passe entre deux rondelles en fonte D, D', et *d* (*fig.* 8¹); elle repose sur la première à l'aide de son embase B, et est tenue sur la seconde par un écrou M. Les rondelles D, D' maintiennent, au moyen d'écrous EEEE, *eeee* (*fig.* 8 et 8¹), 4 tiges acérées sur une arête seulement. Deux plaques HH, HH, entaillées à leurs angles, reçoivent les tiges *y*, *y*, *y*, *y* (*fig.* 8²), et s'opposent à leur flexion; ces plaques sont retenues en dessus et en dessous par de simples clavettes *ff*, *ff* (*fig.* 8¹ et 8²).

Cet alésoir a l'avantage d'être applicable à plusieurs diamètres sans nécessiter de longs changements; pour l'agrandir, par exemple, il suffit de donner aux plaques H H plus de largeur, de courber un peu les tiges *y*, *y*, *y*, *y*, et de serrer plus haut l'écrou de la tige qui sert d'axe. Il produit un bon effet dans des terrains peu durs et peu difficiles; mais dans des marnes sans consistance, avec calcaire dur et en blocs, telles, par exemple, que celles du terrain salifère, il ne présente pas assez de rigidité. Cet alésoir, ou longue lanterne, rend le trou parfaitement cylindrique, et ramène, lors de son retrait au sol, une grande quantité de déblais. Par exemple, si, dans la craie,

une des arêtes ayant déraciné un rognon de silex dont une corne passait, l'arête suivante le fait ébouler, il est retenu dans l'espèce de cage formée par la réunion des quatre tiges. Le retrait des rondelles permet de réparer cet outil volumineux avec beaucoup de facilité et peu de dépense; avant que nous eussions imaginé de faire cet alésoir de pièces détachées, il fallait, pour redonner du tranchant aux arêtes, le chauffer dans une espèce de four à réverbère, et dépenser une quantité énorme de charbon.

Fig. 10 et 9². Alésoir à 4 branches soudées à leurs extrémités, et à une tige A, réunies et fixées solidement entre elles par des boulons Y, X, à tête rectangulaire et à écrous plats. Cet outil est plus invariable que le précédent; on peut en augmenter le diamètre en donnant aux boulons-entretoises X et Y plus d'épaisseur; il est moins facile à réparer que le premier, dont les tiges s'enlèvent séparément pour en rebattre les arêtes, et ne s'emploie que dans les diamètres au-dessous de $0^m.15$.

Fig. 9, 10¹, 10². Alésoir cylindrique à une seule lame longitudinale 10¹, ou à deux 10², encastrée à queue d'aronde dans le cylindre; on le construit aussi avec un tube en fer battu, dans lequel passe la tige, vissée dans un écrou à la partie inférieure; la lame acérée s'introduit, dans ce cas, avant la tige, dans le tube, où elle se trouve maintenue par la tige elle-même; il est d'un bon emploi dans les terrains durs, et n'est sujet à aucun accident. Lórsque le diamètre du tube est trop grand, par rapport à la tige, pour que la lame soit maintenue, on entoure cette tige d'un tuyau en bois qui remplit le tube en fer et qui tient la lame à sa place.

Fig. 11 et 11¹. Trépan-alésoir à 6 lames, employé par M. Mulot. La tige A de l'instrument est terminée par une forte

embase B, dans laquelle se visse celle du trépan B (vue ici de profil) ; les lames des tranchants sont ajustées à queue d'aronde dans l'embase B, dans une pièce cylindrique C, ainsi que dans un manchon intermédiaire S; l'entrée de la tige du trépan, dans l'embase B, est limitée par deux saillies latérales D, qui consolident le tout par leur pression sous le manchon inférieur C. Pour s'opposer au dévissage de la tige, le manchon C est traversé par un goujon qui s'implante dedans.

TIGES DE SONDE.

Les tiges que nous employons habituellement se divisent en six catégories principales; les trois premières entrent dans la composition des grandes sondes, et les trois dernières, plus petites, suffisent le plus souvent à l'étude des chemins de fer, à l'agriculture, à l'archéologie. Nous donnons ci-dessous un tableau comparatif de la grosseur des emmanchements de ces différentes tiges, ainsi que du fer qui les compose. Nous y avons joint deux nouveaux types, plus forts, que nous avons désignés sous les chiffres de zéro et de double zéro. Ces nouveaux emmanchements ne s'appliquent qu'aux instruments percuteurs et à la grosse tige qui les surmonte. Cette modification était devenue importante avec l'augmentation de diamètre que l'on donne aujourd'hui aux sondages, les profondeurs plus grandes à atteindre, et enfin la nécessité, avec les instruments à chute libre, d'avoir un grand poids sur une faible longueur.

NUMÉROS D'ORDRE.	GROSSEUR du pas de vis.	HAUTEUR du pas de vis.	HAUTEUR totale du tenon.	CÔTÉ de la tige.	OBSERVATIONS.
	m.	m.	m.	m.	
00	0,080	0,0100	0,110	0,090 *	* Diamètre de l'octogone.
0	0,065	0,0075	0,090	0,080	Id.
1	0,056	0,0060	0,088	0,045 **	** Côté du carré du fer.
2	0,049	0,0060	0,086	0,040	Id.
3	0,041	0,0045	0,074	0,035	Id.
4	0,037	0,0045	0,064	0,030	Id.
5	0,030	0,0040	0,058	0,025	Id.
6	0,025	0,0035	0,045	0,020	Id.

Comme on le voit, les emmanchements zéro ou double zéro ne s'appliquent plus sur du fer carré, mais sur du fer à huit pans ou rond, surtout pour la grosse tige dite *maîtresse tige*. Le côté du fer de la tige formée avec les numéros suivants peut se modifier suivant certaines circonstances ; il peut être inférieur au chiffre porté au tableau; mais s'il est supérieur, il ne doit jamais dépasser la section présentée par le tenon lui-même (*voy.* pl. 1, les *fig.* de 4 à 10).

On voit que chaque tige se termine, d'un côté, par un tenon fileté sur la moitié à peu près de sa hauteur ; la partie lisse sert de guide pour le vissage; elle peut être moins haute dans les emmanchements zéro et double zéro, dont la manœuvre est moins active; de l'autre côté, elle se termine par une douille creuse se vissant exactement sur le tenon correspondant, de telle sorte qu'en fin de vissage l'extrémité du tenon touche le fond de la douille.

Ces emmanchements doivent être en fer de très-bonne qualité, plus doux que celui des tiges, forgé avec soin ; ainsi pour le *mâle* (nom que l'on donne vulgairement au tenon, de même que la douille s'appelle *femelle*), on devra éviter des étampes ou des chasses à angles trop vifs ; elles fatiguent le fer, et sous les efforts de torsion ou même par le vissage, il se produit des ruptures, surtout au point de jonction de la vis et de l'embase ; c'est pour cela que l'on ménage habituellement à cet endroit un congé assez sensible. Les douilles ou femelles ne doivent pas être creusées dans la masse, mais bien formées avec du fer plat roulé sur lui-même et soudé en virole, que l'on soude elle-même ensuite sur une barre de fer. Sans cette précaution, la douille tend à se fendre, suivant des génératrices du cylindre, et d'ailleurs les filets intérieurs du pas de vis, ne se trouvant plus dans le sens des fibres du fer, tendent à s'arracher beaucoup trop facilement.

Jamais, pour un travail d'une certaine importance, on ne doit employer, dans l'exécution des emmanchements, ce que l'on appelle le taraudage. Nous avons reconnu les inconvénients d'un semblable procédé. Le filetage seul doit être admis dans la fabrication de ces objets. Pour la manœuvre des tiges, la partie cylindrique du mâle, au-dessous du filet, est évidée de deux côtés pour être prise par la clef de relevée ; plus bas, au point où commence la forme carrée, ce qui reste de la partie cylindrique présente latéralement deux saillies, par lesquelles la tige repose sur la clef de retenue pendant le vissage ou le dévissage.

Nous avons adopté, pour les six numéros qui s'emploient le plus généralement, le filet triangulaire, et pour les deux exceptionnels, zéro et double zéro, le triangulaire tronqué.

Ces types doivent, une fois admis, ne plus varier, et être si exactement faits que, non-seulement toutes les tiges munies d'emmanchements du même numéro doivent se visser indistinctement les unes sur les autres dans un sondage, mais qu'à plusieurs années de distance la fabrication soit la même, et que les emmanchements, exécutés il y a dix ans, puissent prendre rang dans une sonde fabriquée de la veille. Pour les travaux qui s'exécutent en pays étrangers, on comprend combien cette régularité est importante, s'il s'agit de compléter ou d'augmenter un outillage acquis depuis quelques années. Il suffit de désigner le numéro d'un emmanchement pour se procurer le mâle ou la femelle correspondante, et être sûr qu'ils s'adapteront l'un sur l'autre sans aucune difficulté.

Nous avons employé autrefois des tiges en bois ; malgré les grands avantages qu'elles présentent dans certaines circonstances, elles ont néanmoins, dans la pratique ordinaire, des inconvénients assez graves, qui nous ont fait les rejeter pour les remplacer par des tiges légères en fer.

Elles étaient aussi longues que possible (pl. 1, *fig.* 13 et 14), et se réunissaient par des emmanchements à vis ordinaires, notre n° 3 par exemple. L'emmanchement ABCD portait une partie cylindrique BC, terminée par une queue CD, entrant dans la tige fendue pour la recevoir ; un fourreau de tôle *ffff* recouvrait le tout, en se repliant sur l'épaulement de la partie cylindrique, et consolidait l'emmanchement au moyen de boulons, de rivures transversales ; deux frettes *hh*, posées dans la longueur de la tige, ménageaient l'usure du bois.

Les tiges en bois de M. Kind (*fig.* 15) sont beaucoup plus légères que celles que nous employons ; leur assemblage se fait par deux femelles *ab*, *ba*, réunies par une petite tringle D à deux

mâles; un fourreau conique en tôle recouvre le bois et le dépasse jusqu'à l'épaulement ménagé sur la femelle ; la tige est fendue en *a* C pour recevoir un coin de bois, que l'on chasse avec la femelle, et qui fait prendre, aux deux parties de bois séparées la forme du fourreau conique en tôle, de manière à ce qu'il n'en puisse plus sortir. La femelle est unie, par une simple goupille ou clavette, au fourreau tenu au bois seulement par sa forme conique, dont nous venons de parler. Nous verrons plus loin, lorsque nous parlerons du système de M. Kind, quelles modifications ce sondeur a apportées à la construction de ces tiges dont il fait un usage presque exclusif[1].

Nous avons fait aussi des tiges en bois que l'on plaçait de force dans un fourreau de tôle, relié aux emmanchements de fer. On avait ainsi une sonde solide, pesant 5 kilogrammes par mètre au lieu de 13. Ce fourreau continu donnait une solidité suffisante pour battre et roder légèrement.

Les tiges en bois, lorsqu'on peut leur donner $0^m.25$ de côté, présentent de grands avantages pour traverser, sur une grande

[1] L'origine des tiges en bois est assez curieuse. On raconte que dans le forage d'un puits dont les travaux étaient dirigés par M. Kind, un charpentier laissa tomber son mètre dans le puits rempli d'eau jusqu'au haut.

« Encore un outil à retirer! s'écria l'ingénieur avec dépit.

— Ne vous en inquiétez pas, dit l'ouvrier, mon mètre est en bois, il reviendra. »

En effet, quelque temps après son mètre reparut; l'ouvrier le ressaisit au sortir de l'eau.

« Si nos tiges pouvaient revenir ainsi! murmura l'ingénieur.

— Elles reviendraient de même si elles étaient en bois, » reprit le chef de forage Kind.

Dès cet instant il fut convenu entre l'ingénieur Rost, le docteur Biver et le chef de forage Kind, que l'on substituerait les tiges en bois aux tiges en fer. (Louis Figuier, *Année scientifique*, 1857.)

section, des terrains difficiles et sujets à s'ébouler; on peut encore, dans ce cas, combiner une sonde ordinaire à vis avec une colonne en bois, laissant dans le trou de sonde un espace annulaire de 3 à 4 centimètres (pl. 1, *fig.* 16). Les différents bouts de colonne sont égaux en longueur aux tiges qu'ils renferment, de manière que leurs lignes de jonction et celles des emmanchements des tiges se trouvent sur le même plan; les emmanchements mâle et femelle des tiges sont fixés au bout des tubes en bois par des clavettes rivées; l'espace que laisse la tige dans le tube est rempli par des tringles en sapin. Ce mode a l'avantage d'éviter aussi toute oscillation, et de diminuer des deux ciuquièmes, ou de la moitié dans de grands diamètres, le poids absolu de la sonde en fer.

Nous avons employé aussi des tiges en fer creux (*fig.* 12). Ces tiges s'assemblent au moyen d'emmanchements à vis semblables à ceux des tiges ordinaires, et fixés aux tiges creuses par leurs parties cylindriques, en pénétrant assez dans les tubes pour y recevoir deux fortes clavettes rivées qui réunissent le tout; nous espérions que ces tiges, bien brasées et soudées, resteraient vides; il n'en a pas été ainsi. A 100 mètres de profondeur seulement, les tiges inférieures supportent environ une pression de 9 atmosphères, déduction faite de l'air qu'elles renferment; les chocs, la torsion ne tardent pas à altérer les jonctions, à ouvrir de petites fissures et à permettre l'entrée de l'eau, quelque perfection qu'on ait mise dans la construction. Le seul remède que nous ayons trouvé consistait à garnir ces tiges creuses avec du liége ou une tige en sapin.

Nous avons fait de nombreux essais pour obtenir des tiges solides et légères, par la réunion du bois au fer, soit en employant ce dernier comme enveloppe, soit en l'introduisant à

l'intérieur comme âme, sous forme de tringles ou de feuilles de tôle, interposées entre des madriers réunis ensuite par de bonnes rivures; mais, en somme, nous avons fini par reconnaître que des tiges légères en fer plein étaient toujours préférables en pratique.

Dans la plupart des tiges en bois, la différence de grosseur entre l'emmanchement et le bois produit, dans le mouvement, un remous d'eau opposant son action à la force motrice, et dégradant les parois du sondage, si celles-ci sont de nature à se désagréger. Bonnes encore pour des efforts de traction, elles ne supportent que de très-faibles efforts de torsion. Introduites à de grandes profondeurs, si elles ne sont pas très-homogènes, elles se déforment sous la pression que l'eau exerce sur les parties tendres; enfin elles prennent la densité de l'eau, et même plus.

Un des inconvénients les plus grands encore qu'elles présentent dans la pratique des sondages consiste dans leur détérioration rapide, soit en magasin, soit sur place; le bois, en se séchant, s'échauffe et perd ses qualités. C'est ainsi que nous avons dû détruire 300 mètres de ces tiges, après un séjour de deux ans en magasin. Bien faites, leur construction est assez coûteuse pour que, se renouvelant à chaque sondage un peu important, elle augmente sensiblement les frais du travail à exécuter.

Nous verrons que, dans notre nouveau système, les tiges en fer peuvent être très-légères, mais que, lourdes, elles n'entravent en rien la marche du travail. Elles n'exigent, pour leur descente et leur retrait, qu'un peu plus de force, et avec les machines à vapeur ce petit surcroît de dépense est si faible qu'il est presque à négliger.

OUTILS MUS PAR PERCUSSION.

CASSE-PIERRES ET TRÉPANS.

Les trépans de différentes formes, casse-pierres, bouchardes, étoiles, etc., sont destinés au percement des roches dures. Les premiers, formés simplement de lames, s'emploient le plus généralement, non-seulement pour les terrains les plus durs, mais encore pour le passage des couches d'argiles, de marnes, de sables durs ou argileux.

Les casse-pierres massifs et les étoiles ont été réformés, ou à peu près, par tous les sondeurs; ils ne sont guère employés que dans des cas exceptionnels pour broyer un éclat de roche ou un rognon dur. Ces instruments, d'exécution difficile, coûtaient beaucoup plus qu'ils ne produisaient, et leur rupture dans le sondage se réparait bien moins facilement que celle d'un outil plat, qui laisse de l'espace sur les côtés pour les outils raccrocheurs.

Pl. 9, *fig*. 3, 4. Les premiers trépans dont on se servait avec les tiges à enfourchement étaient de simples lames à biseau acéré.

Fig. 5. Casse-pierre ou trépan à deux tranchants, perpendiculaires l'un à l'autre.

Fig. 6. Boucharde qui ressemble tout à fait au casse-pierre (*fig*. 5), si ce n'est que sa masse est cylindrique au lieu d'être prismatique.

Fig. 7. Casse-pierre servant en même temps d'alésoir, parce que ses arêtes longitudinales ont de l'étendue.

Fig. 8. Bonnet de prêtre, ou étoile; la figure le fait suffisamment connaître.

Fig. 9. Outil de la figure 2, perfectionné par l'addition du téton AB, faisant suite au taillant principal. La figure 10 est le profil dans lequel on a remplacé l'emmanchement à boulons par celui à vis, le seul à adopter pour les instruments mus par percussion.

On conçoit quels inconvénients ont, pour la percussion, les emmanchements à boulons; les boulons prennent du jeu sous la trépidation incessante de la sonde, se dévissent et tombent au fond du trou; ceux des tiges supérieures s'y joignent souvent, et il faut les extraire à l'aide d'une tarière garnie de glaise, ou les broyer.

La figure 11 est un trépan fendu; le fond de son entaille est en biseau acéré, comme les deux parties du taillant inférieur; on le fait alterner avec le trépan à téton dans les roches dures. Celui-ci laisse une couronne que le trépan fendu enlève promptement, en laissant à son tour un témoin cylindrique que le premier casse de suite; on trouve avec ce système de l'économie, dans les roches dures seulement, sur l'emploi continu d'un trépan de même forme.

Fig. 12. Trépan à oreille simple. Il reste quelquefois des aspérités dans un trou de sonde pratiqué à l'aide des trépans dont nous venons de parler. Dans certaines couches, il est difficile de les éviter; mais, dans beaucoup d'autres, elles résultent de l'inexpérience ou du manque d'attention du sondeur. Lorsqu'on travaille avec un trépan à simple biseau, dans une roche dure, mais homogène, on doit le changer de place régulièrement, de manière à attaquer tous les points de la circonférence du trou; quand, au contraire, on lui fait parcourir un

arc tantôt grand, tantôt petit, la sonde ne tarde pas à descendre plus d'un côté que de l'autre : c'est alors qu'il s'est formé une corne d'autant plus difficile à abattre qu'elle est plus haute; sa base s'élargit toujours et circonscrit le chemin du trépan dans d'étroites limites. Si cette corne ne peut être abattue en rodant, et qu'en battant on n'y parvienne pas de suite, il est important de remplacer le trépan simple par un trépan à oreille. La figure 13 est le profil de l'instrument dont on voit plus bas le plan.

Fig. 14 et 15. Trépan à oreille double. Pour éviter les cornes dans les roches dures, surtout si l'on se sert de tiges légères ne permettant qu'un mouvement de rodage peu énergique, on emploie aussi sans discontinuer un instrument pareil au précédent, seulement il porte deux oreilles *a*, *a*, placées un peu au-dessus des taillants, et un téton; les oreilles occupent un diamètre un peu plus petit que celui des taillants, ce qui leur permet, sans s'enserrer dans les parois, de maintenir le trou à son diamètre, moins une petite différence; le rodage avec un trépan frais achève de donner le calibre voulu. Les deux oreilles sont, pour d'autres cas, disposées comme celle B de la figure 12. On leur donne, au besoin, une largeur égale au tiers ou à la moitié de la circonférence du trou. On verra plus loin que les trépans qui s'emploient avec les coulisses à déclic sont généralement garnis d'oreilles sur toute la hauteur de la lame, et souvent même surmontés, vers le haut, de guides placés à angles droits avec la lame et faisant fonction d'oreilles. Pour mettre au diamètre ces trépans à taillants circulaires, ainsi que les trépans simples de toute nature, le forgeron ne doit pas se servir seulement d'un compas d'épaisseur, mais d'un calibre en tôle (*fig.* 18) dont l'ouverture *a b* ait exacte-

ment la figure du trépan. Tous les trépans, surtout ceux à oreilles ou taillants circulaires, lorsqu'ils doivent percer des roches dures, ne peuvent pas être mis au calibre à chaud, à moins que le forgeron n'ait une grande habitude du retrait qu'ils éprouvent en les mettant à l'eau pour les tremper. Il convient le plus souvent, après qu'ils sont ébauchés au marteau, de les laisser refroidir pour les mettre au calibre avec la lime et le burin, en les tenant toutefois un peu justes; la trempe leur rend alors leur dimension exacte. Ces précautions, quelque minutieuses qu'elles puissent paraître, sont cependant très-importantes. Il est facile de comprendre qu'une lame qui vient de travailler a perdu, surtout dans des grès ou toute autre roche siliceuse, une partie de son diamètre; le trou est donc devenu peu à peu légèrement conique. Si le trépan qui succède a un diamètre trop faible, il continuera ce rétrécissement graduel, qui, se prolongeant ainsi sur une certaine hauteur, deviendra embarrassant pour être ramené à la forme cylindrique, surtout si des tiges faibles ne permettent pas un rodage énergique. Si, au contraire, la lame du trépan est plus forte, elle se coince fortement dans cette partie conique du forage; le poids seul des tiges suffit pour amener cet accident, et il faut souvent les efforts les plus vigoureux pour l'extraction, ce qui peut amener des ruptures d'autant plus graves que l'outil, prisonnier avec une partie des tiges cassées, offre au retrait les difficultés premières, augmentées du danger d'une manœuvre moins sûre, à cause de la présence d'outils raccrocheurs dans la composition de la sonde.

Un moyen bien simple d'éviter les enserrements des trépans, et qui réussit dans bien des cas, consiste à donner aux lames

une forme telle qu'elles fassent naturellement un trou plus grand que leur diamètre. Il suffit pour cela de donner au taillant de la lame une légère irrégularité; c'est-à-dire que si le trépan est à téton, le centre de ce dernier et une partie de la lame sont rejetés de l'axe réel; que si le trépan se termine par une lame plate, on lui donne une courbure telle que le point le plus bas soit environ au tiers de la largeur totale. Le fond du trou, dans ce dernier cas, est légèrement convexe vers son centre, ce qui force la lame à se rejeter sur les parois et, peu à peu, à agrandir le trou.

Les figures 3 et 3 *bis* de la planche 9 représentent un trépan à lames rapportées; le fût a, ici, $0^m.18$ de largeur (*voy.* A et A A A) dans les deux projections; ses arêtes sont abattues pour éviter tout engagement dans les débris de terrain; il est évidé de manière à recevoir des lames en acier fondu ou ordinaire, ayant en haut la forme triangulaire C D B, et terminées par des taillants simples, ou de formes variant suivant le besoin; ces lames ont 2 centimètres et demi d'épaisseur seulement pour un diamètre de $0^m.25$. Elles sont fixées au fût par des boulons tournés de $0^m.04$ de diamètre, et à tête en partie noyée; leurs écrous sont plats en dehors et convexes en dedans; la partie convexe est noyée dans l'épaisseur des joues du fût. Pour éviter que ces écrous ne se dévissent, et bien que cela doive rarement avoir lieu, vu le diamètre du pas de vis, on les arrête par un prisonnier à vis, posé sur un de leurs angles, ou bien ils sont eux-mêmes à encliquetage, ainsi que cela se fait maintenant dans certaines constructions mécaniques. Une série de lames de formes et de diamètres différents peuvent être adaptées au même fût; au lieu de porter à la forge un trépan ordinaire d'un poids énorme, on enlève simplement la

lame que l'on a à remplacer. Dans certaines circonstances, ces avantages sont assez grands pour faire passer sur les inconvénients suivants, que nous devons signaler. Quelque soin que l'on apporte dans la construction de ces instruments, l'usage amène toujours une certaine détérioration. Les chocs perpétuels finissent par refouler les ajustements, et ceux-ci, sur des roches dures, prennent du jeu, au bout de fort peu de temps. Leur ajustement est une besogne souvent délicate à bien exécuter sur place. Les lames en acier fondu, bien que bonnes, résistent mal aux accidents de chauffe auxquels elles sont sujettes, entre des mains souvent inhabiles. Trop chauffées, elles perdent leur bonne qualité et se détruisent rapidement. Dans nos travaux, nous avons dû renoncer à l'emploi de ces instruments, rien qu'à cause de cet inconvénient. Il faut, pour l'acier fondu, un homme soigneux qui ne laisse pas dépasser le rouge-cerise à ces lames, et qui, pour la trempe, se munira d'un tonneau plein d'eau, à la surface duquel il fera figer 2 ou 3 centimètres d'épaisseur de suif. La lame à tremper, étant au rouge-cerise vers le taillant, sera présentée au suif, dans lequel on la laissera pénétrer lentement jusqu'à ce qu'elle touche l'eau; à ce moment, on l'abandonnera à la volée. Ce procédé est le seul qui nous réussisse d'une manière constante pour la trempe des outils, à moins d'avoir des hommes très-habitués à cette opération. Depuis que l'industrie des aciers a acquis de grands perfectionnements, nous pouvons construire des trépans en acier corroyé, où la lame et une partie du fût sont d'un seul et même morceau. Ces instruments présentent une plus grande solidité. L'acier, n'ayant plus besoin d'être amené à une température élevée pour être soudé à la lame de fer, conserve toute sa qualité dans la partie travaillante, et sa

soudure avec l'emmanchement, ayant lieu en plein corps du fût, présente toute sécurité. Comme ces instruments sont fort coûteux, on ne les emploie que pour les sondages d'une certaine importance.

Fig. 16 et 17. — Quelques trépans ordinaires ont un téton A rapporté à la lame avec des boulons; on les emploie dans de grands diamètres, et pour des terrains dans lesquels un long téton produit un bon effet. Ce que nous avons dit plus haut des assemblages avec boulons s'applique également à ces tétons rapportés; on peut en faire usage dans certaines circonstances, mais on ne doit pas en généraliser l'emploi. Le type d'un bon outil est celui qui peut remplir ses fonctions en étant construit d'une seule pièce.

Fig. 19. Trépan à oreilles guides. On a vu précédemment qu'il y a quelquefois avantage à se servir alternativement d'un trépan fendu et d'un trépan à téton; de même, lorsque les roches sont d'une dureté telle, que sur un grand diamètre on les traverse avec une lenteur décourageante, et que cette dureté est continue, c'est-à-dire lorsqu'aucun banc de marne ou d'argile n'alterne avec la roche, on trouve avantage à employer deux trépans de calibres différents; ainsi, pour un diamètre de trou de sonde de $0^m.35$, on travaillerait d'abord au diamètre de $0^m.20$ ou $0^m.25$, et l'on élargirait ensuite à $0^m.35$. Soit B le trépan de $0^m.25$, il est adapté, par un emmanchement, à un trépan à oreilles AA', du diamètre de $0^m.35$, dont le but est d'abattre la couronne laissée par le trépan simple, tout en égalisant le trou; on est certain ainsi de la marche verticale du petit trépan à travers des couches qui tendraient à l'en faire dévier.

Les *fig.* 3 et 4, pl. 30 *bis*, portent les trépans dont nous

nous servons aujourd'hui pour nos grands travaux. La lame, tout en acier jusqu'en A, est munie sur les côtés, dans toute sa longueur, de deux nervures faisant T avec elle, et donnant, sur les côtés du coupant principal, deux taillants circulaires d'une largeur de 6 à 8 centimètres. Cette lame est soudée en A à un emmanchement zéro ou double zéro. Quelquefois, et surtout dans de grands diamètres, pour guider la lame et pour aléser les petites aspérités qui lui auraient échappé, on soude, au-dessous de son emmanchement, deux fortes oreilles T faisant équerre avec elle.

Dans les recherches d'eaux jaillissantes, on a souvent à traverser d'épaisses couches de sables, qui comblent le trou sur 8 à 10 mètres de hauteur, et sous lesquelles se trouve un banc de grès ou de calcaire, recouvrant une nappe, dont la force de jaillissement chasse aussitôt les sables au sol, et déblaye complétement le trou; mais les outils de gros calibre ne peuvent pas pénétrer jusqu'à la fin des sables pour attaquer la roche; d'un autre côté, les soupapes à boulet, à la sonde ou à la corde, sont insuffisantes, parce que la couche ramène des sables, autant et plus que l'instrument en retire; enfin le tubage peut être sinon impossible, du moins onéreux. Dans ce cas, il faut persister à traverser ces sables par un travail vigoureux et non interrompu, de jour et de nuit, à l'aide de deux brigades d'ouvriers qui se reposent alternativement. En battant rapidement avec une simple tige arrondie (pl. 9, *fig.* 1), d'une longueur, autant que possible, égale à l'épaisseur de la couche, et terminée en biseau acéré, on finit par pénétrer jusqu'à sa base; alors on attaque et l'on perce la roche sous laquelle se trouve le résultat cherché. La tige ne peut s'engager dans les sables, puisqu'elle ne présente aucune saillie.

Lorsque le diamètre du sondage est très-petit, 0m.07 par exemple, on peut remplacer la tige de fer dont nous venons de parler par une tringle en acier, qui aura une résistance, bien qu'elle soit plus mince, égale à celle de la première; ainsi, avec une tringle aussi exiguë, on pourra pénétrer de quinze mètres dans les sables; cette longueur n'est pas une difficulté que l'on ne puisse surmonter. Le passage de certains sables est souvent une chose énigmatique pour les personnes qui ne connaissent pas un sondage, et même pour les ouvriers qui n'ont pas acquis de l'habitude dans le métier. Le sondeur qui dirige la percussion se fatigue, s'impatiente en voyant sa persévérance inutile, et conclut enfin qu'il est impossible de traverser une couche de sable sans la tuber, ou bien encore, d'achever le percement d'une roche recouverte par des sables. Cependant, sous cette roche, existe peut-être la nappe qu'il cherche et dont l'ascension, comme nous l'avons dit, nettoierait de suite le trou de sonde mieux que tous les voyages de soupapes à boulet ou autres.

Pour traverser une roche recouverte par des sables, il faut, avec la tige arrondie dont nous venons de parler, frapper à coups précipités et d'une faible hauteur, 3 à 4 centimètres, quelquefois moins; une vingtaine de coups donnés ainsi seront fructueux, c'est-à-dire feront gagner un peu de fond; puis, en continuant de la même manière, la sonde remontera quelquefois de 0m.10 ou 0m.15, et ses coups ne porteront plus que sur les sables traversés et éboulés. C'est là que l'impatience de l'ouvrier commence; cependant, s'il persiste à continuer son travail, il interrompra la percussion et fera roder jusqu'à ce que la sonde rejoigne de nouveau le fond; quelques

coups encore produiront plus ou moins d'effet; alors on recommence le rodage; on réitérera pendant deux heures, une journée même, sans rien obtenir, et à l'instant où on s'y attendra le moins, la percussion ira mieux, et la roche se laissera percer; s'il existe de l'eau jaillissante au-dessous, toutes les difficultés seront à l'instant vaincues; s'il en était autrement, et que cette manœuvre devînt totalement impossible, il faudrait alors se résigner à un tubage, ou à l'emploi d'une pompe foulante, pour se débarrasser d'une grande partie de ces sables.

Fig. 20. Trépan et guide cylindrique. Lorsque, dans des couches régulières de roches, on rencontre une fissure, une faille qui tende à faire incliner le trépan, et que le guide à oreilles, fig. 19, ne suffit pas pour s'y opposer, on a recours à un tuyau de forte tôle, dont on enveloppe la tige du trépan, et à laquelle on donne une longueur convenable, 3 à 6 mètres, par exemple; le tuyau est tenu à la tige, à chaque extrémité, au moyen de deux branches à double coude, rivées sur la tige et sur le tuyau; ces branches peuvent être courbées d'équerre, comme l'indique la figure; cependant, si l'on craignait que, malgré la longueur du guide, elles pussent butter sous une colonne ou tout autre obstacle, il serait prudent de donner une légère courbure à l'angle saillant; nous verrons plus tard les instruments que l'on emploie pour le redressement d'un trou de sonde dans des circonstances difficiles. Ce mode d'ajustement que nous venons d'indiquer, pour fixer le tuyau à la tige du trépan, peut suffire dans certains cas; mais il en est d'autres où, pour plus de solidité, il doit être fixé avec deux frettes coniques.

On soude quelquefois simplement à la tige du trépan une

longue lame *e f g h* (*fig.* 20)[1], de 1 mètre à 1m.50 de hauteur, suivant la nature du terrain. On emploie encore le trépan (*fig.* 19 *bis*), dont la lame a 1 mètre de hauteur, dans les terrains où les outils à lames courtes pourraient prendre une mauvaise direction.

Fig. 21. L'alésage d'un trou de sonde, dans des terrains secs et tendres, ne nécessite pas toujours des instruments fort solides. Le trépan à deux branches que la figure indique peut être employé à cet effet dans les craies, dans certains schistes houillers. On l'emploie aussi pour dégager un instrument, rompu au fond du trou, des débris en gros fragments qui l'entourent.

La figure 22 indique un trépan à oreilles dont se servait autrefois M. Kind. Il est arrondi à son taillant, et porte de chaque côté deux oreilles *a' a'*, *a' a'*, *b b*, *b b*, dont les angles *b*, *b*, *b*, *b*, occupent le même diamètre que le taillant, et abattent les aspérités que celui-ci aurait laissées en descendant. Malgré les avantages que cet outil pouvait offrir, sa forme nous donne l'occasion de signaler l'inconvénient que présentent, en général, des lames aussi courtes, soit qu'on les construise ainsi, soit qu'elles le deviennent en s'usant dans le cours du travail. Si une lame semblable se brise à la naissance du fût, en C, par exemple, elle se met à plat au fond du trou, et présente d'assez grandes difficultés pour son retrait. Une lame dont la hauteur verticale dépasse le diamètre du sondage tend, au contraire, à rester sensiblement droite, position favorable pour le jeu des outils à pince ou à ressorts, assez généralement employés dans cette circonstance.

[1] Le dessin place cette lame *efgh* dans le même sens que la première; il est préférable de la disposer dans un plan perpendiculaire.

INSTRUMENTS DE NETTOYAGE ET DE VIDANGE.

Pour retirer du trou de sonde les débris liquides formés par le trépan, ceux qui se sont détachés des parois, ainsi que pour épuiser les sables fluides, on emploie des tuyaux munis de soupapes planes ou sphériques; ces instruments s'appellent soupapes à clapet et soupapes à boulet. La tige A (pl. 11, *fig.* 7) est adaptée au tuyau par une fourche dont les branches sont épaulées en B et D, de manière à recevoir l'épaisseur de la tôle dudit tuyau, et descendent en C, C; elles sont assez larges pour recevoir 2 ou 3 rangées de rivets, pour des sondages profonds; dans d'autres cas une seule rangée suffit. Les soupapes à clapet fonctionnent dans les débris de terrains cohérents, et dans les vases; les autres, dans les sables plus spécialement. Elles sont longues ou courtes, suivant les terrains que l'on traverse, et la profondeur à laquelle est poussé le sondage. Dans une roche continue, par exemple, une soupape est courte, parce que la quantité forée par un ou deux trépans, nouvellement affûtés, a produit peu de détritus, et que le fouettement des tiges en a peu amené des parois du trou de sonde; au contraire, dans les couches où chaque voyage de trépan produit, à une grande profondeur, $0^{m}.60$ à 1 mètre d'avancement, ou dans les roches d'une grande dureté, recouvertes par des couches sans consistance, l'instrument doit avoir une longueur de 2 à 3 mètres et quelquefois plus.

Pl. 11, *fig.* 7. Soupape courte à clapet, pour les petites profondeurs et dans les terrains résistants. Elle porte une mèche analogue à celle d'une tarière ouverte, sans cependant

lui être tout à fait semblable, et se termine en une frette par laquelle elle s'adapte au tuyau. Sur la couronne en saillie que laisse ladite frette à l'intérieur tombe un clapet en fer battu, fixé à l'une des branches *i j* d'une charnière, dont l'autre branche est rivée dans le tuyau. Le clapet est retenu par une traverse *ef*, qui ne lui laisse faire avec le plan de la frette qu'un angle de 25° environ.

Dans les petits et les moyens diamètres, on charge quelquefois le clapet pour le forcer de s'abaisser, dans des terrains graveleux ou gras.

Pour les grands diamètres, on emploie des soupapes à double clapet (*fig.* 8), que l'on charge de poids en plomb.

Fig. 9. Soupape à clapet, de grande longueur, se vidant par le bas, au moyen du dévissage de la mèche. Le tuyau porte une frette filetée dans laquelle se visse la mèche qui est munie d'une saillie A, sur laquelle butte le clapet *h*, portant la branche d'une charnière, dont l'autre *c* est rivée sur la mèche. Pour dévisser cette dernière, on la serre dans un collier; puis, quand on a tourné deux ou trois filets, on achève de la retirer à la main, et l'on enlève le tuyau à la hauteur d'un tonneau dans lequel on laisse tomber les débris.

Lorsque ces grandes soupapes se vident par le haut, on les renverse en soulevant leur extrémité inférieure par une corde passant sur une poulie fixée à l'un des montants de la chèvre.

Fig. 11. Dans les terrains maigres, contenant des fragments de roches, dans les craies à silex, il arrive souvent que, les clapets ne se fermant pas, on fasse un voyage inutile, parce que les débris sont sortis de la soupape quand elle remonte au sol. A une grande profondeur surtout, il faut faire son possible pour ne remonter l'instrument à nettoyer que lorsque l'on est

sûr que ses clapets sont fermés. Dans ce but, une tige A D se visse dans la fourche du tuyau, et passe, à sa partie inférieure, dans une traverse B; lorsqu'on descend l'instrument, la vis est au haut de sa course, et, quand il est plein, il suffit de tourner la vis pour fermer les clapets *f f*, qui reposent sur deux plaques *h h* ou sur des goujons saillants.

Fig. 12 et 12 *bis*. La tige A porte une nervure *d'* entrant dans une rainure *d*; elle est retenue au-dessous de la fourche du tuyau par une forte goupille *c*; au-dessus de la fourche se trouve un petit talon X contre lequel butte la nervure *d'*; quand on descend l'instrument, on commence par y faire pénétrer les débris; puis, on tourne à gauche, jusqu'à ce que la nervure *d'* rencontre l'ouverture *d* et y descende, de manière que le point *d'* soit au-dessous de la fourche, où, en tournant, on le fait entrer dans une petite entaille. Pour vider l'instrument, on enlève la clavette *c*, puis la tige, et l'on renverse le tuyau.

Fig. 10. Soupape à boulet pour l'épuisement des sables. Le tuyau porte à sa base une pièce en fonte *abcdef*, évidée coniquement en dessus et en dessous, et que l'on appelle coquetier; sur l'arête *c d* tombe un boulet *j*, plein si le diamètre est petit, creux ou en bois, dans le cas contraire, et qui est retenu par une traverse *g*, ou par une bride située à une hauteur telle, que l'espace laissé par le boulet remonté en *j'*, au-dessus du cercle *c d*, et celui qui existe entre ce boulet et le tuyau, soient à peu près les mêmes. A la base du coquetier s'adapte une langue courte ou une mèche de tarière, semblable aux précédentes; dans ce dernier cas, la langue ou la mèche est ajustée avec le coquetier de manière à ne former qu'une seule pièce.

Cet instrument est fort simple; le descendre et le tourner au fond, dans des sables, paraît être aussi une chose très-facile;

cependant, lorsque l'on n'en a pas l'habitude, on n'en tire aucun effet. Pour remplir le tuyau de sable, au lieu de roder doucement, ainsi qu'on le fait avec les outils précédents, il faut donner à la sonde un mouvement de tige de pompe ; on élève le tuyau de 20 centimètres dans certains cas, de 2 centimètres seulement dans d'autres. Au moment où il remonte, les hommes tournent la sonde en marchant au pas ; lorsqu'elle descend, ils lui impriment un mouvement aussi rapide que possible. Les hommes qui manœuvrent le treuil doivent aussi y mettre beaucoup d'activité.

Dans les sables argileux, les mouvements sont plus lents et moins pénibles.

Fig. 13. Il est des sables fluides qui se prennent très-bien par la soupape à boulet attachée à une corde ; il y a, dans ce cas, économie à mettre les tiges de côté. On adapte quelquefois à la base de l'outil une lame courte de trépan, pour le retrait de débris maigres et graveleux, ou pour diviser des sables agglutinés ou trop denses.

La soupape à boulet a remplacé le bonnet chinois (*fig.* 15), dont l'effet était à peu près nul, et dont on laissait souvent le crochet en hélice au fond du trou de sonde.

Les soupapes employées dans les grands sondages, et descendues au treuil à corde, n'ont jamais besoin de mèches. Elles se terminent le plus généralement par un clapet buttant sur une simple frette, aussi basse que possible, et rendue coupante à sa partie inférieure (pl. 30 *bis*, *fig.* 14). Ce n'est que rarement que l'on y ajoute une lame de trépan, ou une langue américaine légèrement contournée. La fourche de ces soupapes doit être accompagnée de deux branches rivées à angle droit, servant de guide, dans le retrait, pour la rentrée dans les tubes,

ou pour éviter les arrêts brusques sous des roches, dont la partie inférieure éboulée forme des chambres dans lesquelles la soupape, étant libre, peut vaciller et se présenter sous la saillie laissée par la partie solide. On doit même, dans ce but, et comme surcroît de précaution, évider la tôle entre les quatre branches.

Dans les soupapes que nous construisons actuellement, au lieu de river la deuxième branche de la charnière sur le tuyau, comme nous l'indiquons plus haut, nous la rivons sur la frette en dessous du clapet. De cette manière, la frette et le clapet ne forment qu'une seule pièce à ajuster dans le tuyau, et les réparations à faire à l'outil sont plus faciles (pl. 30 *bis*, *fig*. 14).

Il est quelquefois avantageux d'adapter à la partie supérieure du tuyau un deuxième clapet, que l'on peut, ou non, relier au clapet inférieur par une tige de fer mince, et qui a pour but de forcer ce dernier à se fermer par la pression qu'il lui communique, et d'empêcher le lavage, et quelquefois l'entraînement, par l'eau du forage, des détritus que l'instrument ramène.

Nous avons vu, à propos du sondage à la corde, la description d'une soupape à piston; il est donc inutile d'y revenir ici. M. Guibal, professeur à l'École des mines du Hainaut (Belgique), a imaginé, pour rendre, dans les sables, le jeu des soupapes plus sûr et plus puissant, de remonter le clapet de $0^m.50$ environ, dans le tuyau. Sous le mouvement de va-et-vient qu'on imprime à ces instruments, la partie inférieure fait pompe, soulève le sable qu'elle enveloppe, et appelle celui qui l'entoure. Dans de grandes masses sableuses, cet instrument peut rendre de grands services.

ÉPUISEMENTS DES SABLES A LA POMPE.

Il est un moyen simple, qui est pour quelques sables le seul applicable, et dont l'effet est infaillible, c'est l'emploi d'une pompe aspirante et foulante dont le tuyau de refoulement est descendu, armé d'une lance, dans le sondage, et tout près de la couche de sables qu'il s'agit d'épuiser. Une pompe à incendie est la meilleure machine que l'on puisse employer à cet effet. Le directeur des travaux peut emprunter aux autorités celle de l'endroit où il se trouve, en s'offrant, toutefois, à fournir les tuyaux, de chanvre ou de cuir, qu'il doit descendre dans le trou de sonde, quoique cette opération ne puisse détériorer ceux de la commune. Si un réservoir quelconque d'eau n'avoisine pas l'atelier, on en fait un approvisionnement dans des tonneaux, pour remplir le réservoir de la pompe; le tuyau descendu, on fait commencer le pompage, et on a soin de soulever et d'abaisser le tuyau continuellement, pour éviter son emprisonnement par les sables, que ne tardent pas à charrier les eaux de la nappe qu'ils contiennent, mêlées à celles que l'on refoule. De cette manière, on débarrasse complétement une nappe des sables qui l'engorgent, et l'on pénètre de 8 à 10 mètres au-dessous si leur masse se continue; on n'aurait pu obtenir ce résultat que très-lentement avec la sonde, ou avec la corde munie de la soupape à boulet.

L'emploi de la pompe foulante, en usage depuis environ trente ans, a servi, comme nous l'avons vu, au système de sondage adopté par M. Fauvelle. Nous avons exposé précédemment les motifs qui rendent impossible de généraliser cette méthode. Un nouveau système de sondage, basé sur ce

principe, a été proposé tout dernièrement. Seulement, au lieu d'injecter l'eau par les tiges creuses et de la faire revenir au sol entre celles-ci et les parois, c'est au contraire par ce dernier espace annulaire que l'eau est injectée pour être rejetée par la colonne centrale, fonctionnant comme sonde. Par ce système, dont quelques-unes des dispositions sont originales et ingénieuses, les auteurs se proposent d'extraire par la force de l'eau, non-seulement tous les détritus produits, mais même des échantillons cylindriques découpés dans le terrain. Ce que nous avons dit du système Fauvelle s'applique à celui-ci. Nous croyons que bien des échecs l'attendent à sa mise en pratique.

TUYAU-ÉPROUVETTE.

Lorsque l'on va à la recherche d'eaux douces dans des couches contenant des sources salées, ou lorsque, dans les terrains salifères proprement dits, on veut connaître le degré de saturation des eaux du fond, il est nécessaire, pour expérimenter exactement, d'en obtenir une certaine quantité qui ne soit pas mélangée avec celles qui l'environnent; il faut donc la remonter au sol, en vase clos, de l'endroit où elle se trouve.

L'éprouvette (pl. 11, *fig.* 14) est composée d'un tuyau adapté à une fourche A, dans la douille de laquelle passe une tige C filetée sur une hauteur de 15 centimètres, et qui porte quatre soupapes coniques *b d b' d'*, destinées à fermer ou à ouvrir des ouvertures pratiquées dans les cloisons *y y' y'' y'''*; le bas du tuyau est terminé en forme de V, pour qu'il ne tourne pas quand on fait mouvoir la vis. Lorsque le trou de sonde

est sale, on isole le tuyau du fond par une tige de la longueur nécessaire, s'adaptant en *h* d'une manière quelconque.

L'instrument descendu à fond, et la vis, au haut de sa course, interceptant par les soupapes *b b'* l'espace compris entre *y* et *y''*, on l'abaisse; l'eau monte, pendant cette manœuvre, de *y'''* en *y'*, et y est retenue par la fermeture des orifices *f f'*, qui s'effectue quand la vis est au bout de sa course. Il serait inutile de dire que cette éprouvette doit être construite avec soin, et les soupapes coniques rodées à l'émeri.

OUTILS RACCROCHEURS.

Les ruptures des tiges et des instruments qu'elles mettent en action, celles qui surviennent aux machines, et qui sont le résultat des trop grands efforts qu'on leur fait supporter, sont les écueils du sondeur; aussi ne doit-il rien négliger pour les éviter, et prendre toutes les précautions nécessaires pour réparer promptement les accidents qui lui arrivent, et qui sont bien souvent indépendants de son zèle et de son attention. Le sondeur doit commencer par passer en revue tous les instruments qui composent son matériel, examiner les tiges dans toute leur longueur, lorsqu'il les descend pour la première fois dans le trou de sonde, mettre de côté les emmanchements trop gais, et faire fretter celles des boîtes qui menaceraient, ne serait-ce que d'une manière insensible, de se rompre. Lorsqu'il descend pour la première fois un trépan nouveau, il doit s'assurer de sa rectitude avec la tige qui le surmonte; cela est facile lorsque le sondage est ouvert au fond d'une excavation profonde; lorsqu'il n'y a pas de fouille, il vérifie cette rectitude en couchant sur le sol la tige et le trépan

emmanchés ; cette précaution est importante en ce que le trépan rencontre, en fonctionnant, assez de porte-à-faux, sans qu'il lui faille, pour rompre l'emmanchement, du gauche avec la tige ; cette obliquité pourrait aussi être cause d'un pinçage énergique. Les rivets des soupapes sont souvent usés, ou la tôle de leurs tuyaux est amincie et écaillée, lorsque ces instruments ont servi pendant longtemps sans réparation. Le sondeur ne doit pas attendre la détérioration complète d'un outil pour le changer ou le réparer, mais il doit le faire aussitôt qu'il a le plus léger doute sur sa solidité.

Aucune tige, aucun instrument, aucun tuyau de garantie ne doit descendre dans le trou de sonde, sans que ses dimensions aient été scrupuleusement notées.

Des notes de grosseurs, de longueurs, ne suffisent pas dans les cas difficiles pour les outils de forage, ou ceux dont on se sert pour en retirer les morceaux ; il est urgent de les dessiner de manière à ce qu'on en connaisse exactement toutes les dimensions. Un sondeur qui entend son métier, qui a souvent eu à réparer des accidents difficiles, ne trouvera pas ces précautions exagérées ; il saura très-bien que, s'il ne connaît pas la grosseur des tiges restées dans le trou, il ne fera faire sa caracole qu'approximativement applicable au retrait de la partie brisée, et que cette ignorance des mesures donnera lieu d'abord à plusieurs voyages inutiles, peut-être même à un second accident, si la caracole, ayant pris imparfaitement, vient à lâcher après être remontée d'une certaine hauteur. Lorsqu'une tige ou un outil est saisissable avec une cloche à vis, l'embarras est moins grand, en ce que la cassure annonce, par la partie retirée, la section de celle qui reste ; mais s'il existe, immédiatement au-dessous de la rupture,

une partie saillante qui s'oppose au filetage par la cloche à vis, parce que celle-ci reposera dessus, on doit le savoir, afin de ne pas descendre inutilement cet instrument.

Lorsque, pendant la percussion ou pendant le rodage, un instrument ou une tige se rompt, on s'en aperçoit souvent de suite, et alors on marque sur la sonde, au sol, un trait indiquant la profondeur à laquelle on se trouvait au moment de la rupture; connaissant la longueur de la sonde cassée, on compare ce que l'on en a remonté avec la longueur de la sonde portant la caracole ou la cloche à vis que l'on descend, et l'on connaît d'avance le point où l'on doit rencontrer l'extrémité de la partie laissée dans le trou. Toutes les substitutions d'outils raccrocheurs doivent se faire en observant avec une très-grande précaution les mesures de longueurs, afin de ne pas chercher inutilement la partie cassée où elle ne se trouve pas, ou qu'en descendant trop bas, on ne l'incline pas contre les parois du trou; dans des terrains ordinaires, lorsque l'on agit d'après des mesures exactes, une rupture simple est un accident aussi facile à réparer à 1,000 mètres, qu'à 2 mètres au-dessous du sol, et l'on est rarement obligé de faire deux voyages. Au contraire, quand on travaille sans connaître la longueur de la sonde, et les dimensions de la partie cassée, non-seulement on n'en effectue pas facilement le retrait, mais on peut encore aggraver l'accident.

CARACOLES.

La caracole est en général un instrument composé d'une tige forte, terminée à sa partie inférieure par un fer-à-cheval,

dans l'intérieur duquel le premier emmanchement de la partie cassée vient s'asseoir par son épaulement. Cette forme du fer-à-cheval subit ensuite les modifications que demandent le diamètre du trou de sonde, les dimensions de l'outil à saisir et la nature des terrains.

Caracole pour grands diamètres ou diamètres moyens (pl. 13, *fig.* 1re, 2, 13) : tige forte, A talon du fer à cheval, haut et aussi épais que possible; branche libre du fer à cheval, c'est-à-dire de celle qui est opposée à la tige de l'instrument, échancrée en *e* (*fig.* 2), pour faciliter l'entrée de l'outil rompu dans l'espace *cde*, où il est retenu par les deux retraites *b* et *e*. Cette caracole sert à prendre les tiges cassées au-dessous de l'épaulement de leur emmanchement, ainsi en K Z (*fig.* 1re). Lorsqu'elle arrive près de la tête de l'outil cherché, on descend très-doucement afin de poser légèrement dessus, puis on tourne un peu à gauche ou à droite (le sens est indifférent, puisqu'on ignore quel est le point de la base du talon qui s'est arrêté sur l'outil), pour descendre en dessous de l'emmanchement; alors on tâche, en tournant, de faire passer le crochet Q derrière la tige de l'outil, et quand on y a réussi, on enlève jusqu'à ce que le carré *cde* rencontre la partie KZ; si l'on sent une résistance uniforme, qui s'oppose pendant quelques instants au mouvement de rotation, c'est celle que présente l'outil engagé par sa lame dans des terrains tombés au fond du trou. L'outil étant dégagé, on continue de monter doucement et sans la moindre secousse, tout en rodant très-lentement, jusqu'à ce que l'on soit sûr que l'outil n'est plus exposé à rencontrer des saillies qui pourraient le faire vaciller et déterminer ainsi sa sortie du crochet. S'il s'arrête de temps en temps, on fait redescendre doucement la sonde de la quantité nécessaire

pour le dégager en tournant très-légèrement à droite; c'est souvent le crochet Q qui produit ces moments d'arrêt en heurtant la partie saillante du trou de sonde. Le bec du crochet doit s'abaisser un peu au-dessous du plan du talon A, pour qu'il cherche bien à passer derrière la tige.

Avec une caracole solide dans son talon, on peut retirer une sonde fortement engagée; cependant de grands efforts ne peuvent avoir lieu que dans un diamètre minimum de 0m.15; au-dessous, les caracoles sont faibles, lorsque surtout l'outil ou la tige à saisir nécessite une grande ouverture du fer à cheval.

Fig. 14. Caracole semblable à la précédente, excepté que la branche libre du fer à cheval n'est pas échancrée; les parties entaillées X,*y* reçoivent l'épaulement de l'emmanchement. Le point ou plutôt la partie *y* est plus basse de quelques millimètres que la partie X, il en est de même du point *b* par rapport au point *a* : en général, pour que l'épaulement éprouve de la résistance à sortir du crochet, le fond du fer à cheval d'une caracole doit toujours être plus bas que son ouverture, tout en ayant sa pointe *d* baissée.

Fig. 15. Caracole pour petits diamètres : branche libre du fer à cheval, crochet à bec triangulaire comme en Q (*fig.* 1re), mais très-peu allongé, parce que le peu de grandeur du trou s'y oppose; talon fort et haut pour le retrait d'une sonde lourde, mais de tiges minces. Il est bon de piquer au grain d'orge ou au burin le pourtour X*yab* de l'ouverture, pour que l'épaulement d'une partie saillante quelconque de la tige s'y fixe mieux.

Fig. 16. Caracole pour petits diamètres et pour retraits d'outils à grosse tige : talon en fer sur champ mince et haut;

branche libre, échancrée au bout seulement, pour faciliter son passage derrière la tige de l'outil.

Fig. 17, montrant l'inconvénient qu'offre la partie *ab*, des figures 14 ou 15, lorsqu'elle penche à l'extérieur de l'ouverture du fer à cheval au lieu d'incliner vers son talon; l'épaulement de la tige, qui était en *b*, glisse sur la pente *ba*, et tout retombe dans le trou de sonde.

Fig. 19. Caracole pour grands diamètres et pour outils n'opposant aucune résistance, construite en fer sur champ; fer à cheval profond, branche libre courbée, puisque le diamètre permet qu'on la munisse de ces deux avantages, dont le premier consiste à retenir l'emmanchement plus invariablement saisi, l'autre à faciliter le passage derrière sa tige pour l'introduire dans l'ouverture.

Lorsque les efforts de traction à opérer sur les caracoles doivent être très-grands ou si le poids à enlever est fort, il est bon de soutenir le crochet de cet instrument par une branche de fourche soudée à la tige.

Dans quelques circonstances difficiles on doit se servir de caracoles à gauche; telles sont, par exemple, les ruptures multiples, où il est nécessaire de dévisser une partie des tiges rompues, pour pouvoir en dégager d'autres qui, coincées par les premières, seraient d'une extraction impossible. Il est bon, dans ce cas, quand le diamètre du trou le permet, de river sur le bec de la caracole une bande d'acier faisant ressort, buttant contre le talon et destinée à maintenir prisonnière la partie dévissée : sans cela, le ressaut qui se produit dans cette dernière, au moment où elle abandonne la partie inférieure, pourrait faire lâcher prise à la caracole et compliquer l'accident. Il est bien entendu que pour se servir d'une caracole à gauche

avec une sonde à vis, il faut que les emmanchements soient fixés par un des moyens que nous décrirons plus loin, pour que dans cette manœuvre ils ne se dévissent pas eux-mêmes.

Fig. 20. Caracole fonctionnant dans un petit diamètre pour reprendre une tige dont l'emmanchement s'oppose à son passage. Il arrive souvent que, n'ayant pas de cloche à vis, on soit obligé de recourir à la caracole; mais l'emmanchement de la tige à saisir laissant un très-petit espace entre lui et les parois du trou, la caracole s'arrête sur lui et ne peut être introduite au delà; cependant, s'il existe suffisamment d'espace pour le logement de la tige de la caracole, la barre rompue, une fois entrée dans le fer à cheval, serait facile à remonter ; pour y parvenir, lorsque le terrain le permet, on fait à côté de l'emmanchement *ab*, au moyen d'une langue de serpent ou d'une tarière, un passage qui permette à la caracole de descendre. Ce moyen est sujet à quelque danger; aussi ne doit-on l'employer qu'après s'être bien assuré que la tige assise dans le crochet de la caracole parcourra sans difficulté toute la hauteur du trou de sonde dont le diamètre est rétréci.

Fig. 21. Caracole ancienne, formée de fer rond; fer à cheval arrondi dans le fond, crochet plongeant et affilé, applicable sans danger dans les grands diamètres, non pour exercer de grands efforts de traction, mais seulement pour redresser ou pour prendre une partie libre dans le trou de sonde.

Fig. 18. Caracole raccrocheuse à charnière. Son principal but est de ramener dans la verticale une tige, un outil ou un tuyau rompu dans un terrain caverneux ou dans des couches dont la désagrégation a agrandi le diamètre du trou ; la pointe A qui, lorsque l'instrument est fermé, se tient dans la circonférence exacte du trou, s'ouvre quand on tourne la sonde, de

sorte qu'arrivée à l'endroit où le trou est agrandi, elle peut entourer le tuyau ou la tige cassée, la ramener au centre du trou, pour la laisser prendre par une cloche ou tout autre instrument, ou pour la saisir elle-même dans la niche P. Comme on le voit, le crochet est mobile au moyen de la charnière *c* D, et, comme dans les autres caracoles, les points *e f* du siége sont plus haut que le point *y*.

Fig. 3. Caracole simple à charnière, destinée comme la précédente à redresser une tige inclinée, mais sans effet pour la remonter au sol. On la construit avec une lame de trépan que l'on entaille pour loger une aile mobile autour d'un petit boulon. Elle est mieux appropriée au retrait d'une colonne, ou bien encore pour dégager la base de celle-ci des cailloux qui la gênent, lorsqu'on veut la faire descendre.

Fig. 4. Étrier avec un simple anneau ou chape *d e f*, mobile sur un boulon *a b ;* il sert aussi à retirer une tige : celle-ci s'introduit dans l'anneau qui se place obliquement, et lorsqu'on élève la sonde, la tige cherchée reste prisonnière dans cet étrier, comme dans la clef Flachat dont nous avons parlé précédemment. Il est bon d'abattre en biseau ou en pointe le bas *c* de la tige de l'instrument, pour faciliter l'introduction, dans l'anneau, de la partie à retirer.

La caracole en général est un instrument d'une construction fort simple, ce qui rend son emploi fréquent. Il ne faut cependant pas se dissimuler que son usage présente moins de sécurité que la plupart des autres outils raccrocheurs, et que, malgré sa simplicité, c'est une pièce de forge assez difficile à obtenir, si ce n'est avec un bon ouvrier. Dans la caracole simple, surtout, le fer doit être conservé sur son nerf; il ne faut jamais admettre la soudure du crochet avec la tige.

CLOCHES A GALETS ET A CLAPETS.

Pl. 13, *fig*. 5. Cloche à deux galets, propre à relever une tige ne présentant aucune saillie. Lorsqu'une tige casse dans son milieu par exemple, on a recours à la cloche à vis dont nous expliquerons tout à l'heure l'emploi; faute de cet instrument, on emploie une caracole, si la grandeur du trou de sonde le permet, et l'on prend la sonde à l'emmanchement suivant, ou au second plus bas; le retrait s'effectue généralement bien ainsi, mais il arrive des cas où il ne peut avoir lieu; ainsi, lorsque la sonde se rompt en tombant d'une grande hauteur, il arrive presque toujours que les tiges, celles du fond surtout, sont tellement courbées que l'on a peine à les sortir du trou : on conçoit que si la tige qui se présente la première aux outils raccrocheurs affecte une flèche qui porte son extrémité à s'engager dans les inégalités du sondage, il est imprudent de laisser, en remontant, l'extrémité supérieure de cette tige abandonnée à son ressort, parce que d'abord on aura beaucoup de peine à la monter, qu'elle dégradera les parois du trou, et qu'enfin il sera difficile et même impossible de l'introduire dans la colonne de garantie, derrière laquelle elle cherchera à passer. Une caracole est donc ici un instrument impropre que l'on remplace efficacement par une cloche à galets. Soit A *h*, la tige de l'outil; deux pièces creuses B C D y sont adaptées au moyen de deux boulons *ij*, *ij*; elles sont espacées, à leur base, de l'épaisseur de deux galets S S, mobiles autour de deux boulons, lesquels servent en même temps à assujettir les pièces B C D entre elles. Ces galets sont poussés l'un vers l'autre par deux ressorts KK' KK' (*fig*. 5) et XX'.

fig. 6 (ordinairement nous désignons dans les deux ou trois projections du même outil les mêmes pièces par les mêmes lettres), de sorte que la tige s'introduit entre eux dans la position VZ. Qu'en ce moment on soulève l'instrument, les deux galets commenceront par strier la tige, puis ils l'étreindront, en s'inclinant l'un vers l'autre, d'autant plus qu'elle fera plus de résistance. Pour les diamètres moyens et grands, cet instrument est d'un excellent usage.

On comprend qu'avec cet outil il est difficile, sinon impossible, de se déprendre; or, dans les sondages profonds, avec les faibles tiges que l'on emploie généralement, il peut se faire qu'on ne puisse, sans danger pousser assez loin les efforts de traction nécessaires pour dégager une sonde fortement engagée, ou que dans une rupture multiple il soit indispensable d'abandonner le fragment saisi déjà, pour essayer l'extraction d'un autre. M. Gault, que nous avons déjà cité, a trouvé le moyen de faire lâcher prise aux galets, en les faisant glisser sur deux plans divergents vers le haut, formés par deux entailles BB (pl. 30, *fig.* 11 et 12). On est, il est vrai, obligé d'avoir recours à une petite corde ou à un simple fil de fer que l'on manœuvre du haut. Ce fil de fer est attaché en A. Lorsque l'on veut opérer il suffit de cesser l'effort de traction sur la sonde, les galets cessent leur pression sur le morceau pris, et l'on peut, en tirant sur la corde ou le fil de fer employé comme auxiliaire, soulever les galets qui s'écartent et abandonnent, sans possibilité de reprise, l'objet saisi.

Pl. 13, *fig.* 23. Cloche à un galet ou grain d'orge. Elle a, sur la précédente, l'avantage de pouvoir être employée dans un sondage de petit diamètre; mais le petit galet ou grain d'orge S ne présente pas autant de solidité que les galets réunis

de la première. Un tube du diamètre A B, à intérieur excentrique *c* R, est fixé à une fourche D ayant deux branches *f t*, *m n*, entaillées de l'épaisseur de la couronne. Le tube est mortaisé pour la place et le jeu du crochet S, qui porte une queue Z pressée par un ressort Y X. Quand la tige K s'introduit dans le tube et passe devant le galet, celui-ci ne fait que la rayer; mais lorsqu'on remonte la cloche il s'implante dans la tige et la retient fortement.

Fig. 26. En parlant du retrait des colonnes de garantie, nous décrirons cette cloche à une branche Z P R, qui sert aussi à retirer les tiges de sonde, et fonctionne d'une manière analogue à la précédente, excepté que le galet P retombe sur la tige en vertu de son propre poids. Cet outil prend très-peu de diamètre et convient, pour cette raison, au retrait des tiges en bois qui laissent souvent peu d'espace entre elles et le trou de sonde.

Fig. 7. Cloche à clapets. Elle est composée d'une tige à fourche A, dont les branches ont 1 mètre, ou plus si le premier emmanchement de la partie à retirer se trouve plus bas en dessous de la tête de la rupture; ces branches s'unissent à une même frette B C, sur laquelle tombent deux clapets X et Y, articulés à charnière sur le bas des fourches. Les clapets, étant abattus, laissent entre eux un espace rectangulaire, qui devient un carré lorsque la tige étant prise, les clapets se trouvent relevés. Cet instrument demande un grand diamètre pour être d'une solidité suffisante.

Fig. 22. Tuyau arrache-sonde. Au chapitre du retrait des colonnes de garantie nous parlerons avec détail de cet instrument; il peut être employé également pour retirer une tige ou un outil, pourvu que certaines parties saillantes, par exemple, l'emmanchement ou les inégalités de la tige du trépan, pré-

sentent aux ressorts des points d'arrêt solides. Il est, comme on le voit, d'une construction facile, et peut suppléer à beaucoup d'outils raccrocheurs, lorsque, dans la localité où se fait le travail, les ouvriers ne sont pas assez habiles pour confectionner ces derniers.

OUTILS POUR LE RETRAIT DES SOUPAPES MANŒUVRÉES A LA CORDE.

Planche 13, *fig*. 24. Un simple crochet suffit pour ramener, au moyen de la sonde, une soupape à anse; on y réussit aussi avec la corde, à l'aide d'un crochet double (*fig*. 25).

Si, par une raison quelconque, les efforts opérés sur une corde en ont amené la rupture, sans que l'instrument qu'elle porte soit fortement engagé dans le trou de sonde, on réussit très-facilement à reprendre le bout rompu, en descendant, attaché à l'extrémité de la partie ramenée au jour, l'instrument très-simple représenté pl. 30, *fig*. 1. Cet outil, denté comme un hameçon multiple, ou certaines flèches de sauvages, en pénétrant plus ou moins profondément dans l'espace occupé par la partie de corde restée dans le forage, en rencontre en remontant, soit une boucle, soit même une légère courbure, qui s'introduit dans une des encoches, s'y coince d'autant plus vigoureusement que l'effort de traction est plus grand et permet de remonter le tout au jour sans autre manœuvre.

Pl. 13, *fig*. 27. Lorsque, en soupapant à la corde, l'outil, surmonté d'une tige, se trouve pris dans les sables et cailloux, ou dans les sables purs, ce qui arrive aussi fréquemment, la corde n'étant pas assez solide pour le dégager, il est prudent de la couper à son extrémité inférieure au moyen de deux

couteaux chargés ou non de petits poids, et qui sont adaptés à un tuyau, à la manière des clapets ; la corde est tenue au sol pendant la descente de la sonde qui porte l'instrument ; elle passe, ainsi qu'on le voit, à l'intérieur du tuyau. Lorsque l'on soulève la sonde pour retirer la griffe, il faut que ce soit d'une hauteur inappréciable, car autrement les couteaux fonctionneraient, et couperaient la corde plus tôt qu'il ne le faut. Lorsqu'ils sont descendus tout à fait sur la tête de l'outil laissé à fond, on remonte la sonde sans autre manœuvre, la corde se coupe, et on la retire de suite sans résistance ; cela fait, on descend, pour saisir la soupape, une cloche à vis ou tout autre instrument.

GUEULE DE BROCHET.

Pl. 13, *fig*. 28. Ce sont deux parties de cylindre creux, espacées entre elles d'une quantité un peu moindre que l'épaisseur de la lame de trépan, ou de langue cassée, que l'on cherche à retirer, et qui s'engage dans cette espèce de fourche armée de dents. L'espace qui sépare les deux branches de la fourche doit être tel, qu'elles pincent fortement l'objet saisi ; mais il faut néanmoins prendre ses précautions pour que le diamètre extérieur de la gueule, la lame étant prise, ne dépasse pas le diamètre du trou de sonde, car il deviendrait impossible de retirer l'outil raccrocheur lui-même.

TARAUD.

Pl. 13, *fig*. 29. Les ruptures deviennent plus rares au fur et à mesure que le diamètre du sondage diminue ; cependant n'y aurait-il qu'un demi-centimètre de jeu entre les emmanchements de la sonde et les parois du trou, que l'on ne pour-

rait éviter les accidents, parce que les instruments défectueux par suite de la mauvaise qualité de leur fer peuvent, au moindre effort, céder à la torsion ou à la percussion. La petitesse du diamètre s'opposant donc à la descente des outils raccrocheurs dont je viens de parler, et une cloche à vis elle-même étant trop grande pour passer, on perce un trou de mèche dans le bout de la tige ou de l'outil cassé, que l'on taraude pour le retirer.

Il est bien entendu que la mèche et le taraud doivent être construits d'un seul et même morceau. Le taraud entre naturellement dans le trou percé par la mèche ; on évite ainsi un voyage de sonde et tous les tâtonnements que l'on aurait à faire pour entrer dans le trou percé par la mèche, si l'opération avait été exécutée avec deux instruments séparés.

CLOCHE A VIS.

Pour le retrait des parties cassées dont l'extrémité se présente à peu près dans l'axe du trou de sonde, ou qui ne fait qu'en toucher les parois, sans s'y loger dans des cavités, la cloche à vis est le meilleur des instruments raccrocheurs que l'on puisse employer, parce qu'avec des mesures exactes on est sûr de ne faire qu'un voyage pour retirer ce que l'on cherche, et qu'en outre, les filets qu'imprime la cloche sur la partie cassée sont assez solides pour que cette dernière, quelque pesante qu'elle soit, remonte au sol sans nouvel accident. Cet instrument est un tronc de cône AB (pl. 13, *fig.* 9) fileté à l'intérieur et évidé en CD pour la sortie des débris qui peuvent s'introduire dans la partie conique ; une cloche à vis remplit toutes les conditions lorsqu'elle peut prendre la partie cylindrique des plus gros emmanchements et la diagonale

du fer des tiges les plus minces; sa forme indique la manière de l'employer, qui consiste à faire tourner la sonde dans le sens des filets, lorsque l'on est sûr que la partie cassée est introduite dans la cloche.

Lorsque le morceau cherché est court, et, par conséquent, très-probablement incliné dans le trou de sonde, ou, plus généralement, pour éviter les tâtonnements quand on travaille dans un grand diamètre, on adapte à la cloche, avec des vis, un entonnoir que l'on coupe obliquement à son axe; on cherche à faire porter le point le plus bas de cette section sur la tête de la partie brisée, qui, au moindre mouvement de la sonde, s'introduit infailliblement dans l'entonnoir pour se présenter ensuite aux filets de la cloche.

Fig. 10. Lorsqu'une tige se dévisse, on peut, entre autres instruments, employer simplement une femelle de son numéro, que l'on munit d'une frette en entonnoir, si, le diamètre du trou étant grand, la femelle seule ne rencontre pas la tige cherchée.

PINCE A VIS.

Fig. 12. La pince à vis est employée comme outil raccrocheur. Deux branches DS, D'S' sont terminées par des parties concaves et dentelées, ou par des mordaches *n*,*n*; l'une d'elles DS porte une chape, dans laquelle l'autre joue autour d'un boulon C qui les réunit; la première est coudée à angle droit en D pour recevoir une vis de 5 centimètres, dont l'extrémité B est munie d'un cône, qui, en descendant avec la vis, pousse la branche D' et fait approcher son extrémité S' de l'extrémité de l'autre branche S; un ressort RK maintient les deux branches ouvertes pendant la descente de l'instrument.

Les pinces à vis que nous construisons maintenant ont leurs deux branches mobiles autour du boulon C, placé dans la chape qui sert d'écrou à la vis A B. Chacune des branches porte un ressort buttant sur l'autre, pour maintenir l'écartement. Ce système a sur le précédent l'avantage de faire reposer les deux branches sur le fond du trou, pendant leur rapprochement qui s'exécute ici toujours symétriquement par rapport à l'axe.

On comprend que l'extrémité des branches doit être modifiée selon la forme et les dimensions de l'objet à saisir; nous donnons les deux formes les plus simples; mais il y en a une infinité d'autres, griffes, crochets, etc., etc...

PINCE A ENCLIQUETAGE.

La pince à vis est un instrument coûteux et difficile à exécuter ailleurs que dans de bons ateliers; elle peut être remplacée par l'outil indiqué planche 30, *fig.* 14 et 15, d'une construction facile pouvant presque toujours se faire sur place. Deux tiges de fer faisant ressort sont soudées en A, leur extrémité inférieure se termine par deux mains modifiables comme celles de la pince à vis, et dont l'une est légèrement plus longue que l'autre, pour faciliter sa pénétration dans les débris. Deux bagues sont fixées sur un bout de tige; l'une, C, reçoit et guide la partie lisse qui surmonte les deux branches, et à la partie supérieure de laquelle elle est arrêtée par un renflement D qui l'empêche de sortir; l'autre, B, plus large, embrasse les deux branches, et en glissant de haut en bas, comme la virole d'un porte-crayon, les force à se rapprocher, et par conséquent à saisir l'objet voulu. Le poids de la sonde est toujours

plus que suffisant pour que ce glissement ait lieu, quelle que soit l'énergie du ressort des deux branches. On dente légèrement l'extérieur des branches, dans le parcours de la virole B, de façon à ce que celle-ci ne puisse lâcher prise sous les efforts de traction nécessaires pour soulever l'objet à retirer, dont le poids, ou l'encastrement dans le terrain, présenterait quelque difficulté au retrait. Cet encliquetage dans bien des circonstances peut être supprimé; les aspérités du fer brut sont généralement suffisantes pour rendre assez complète l'adhérence des branches à la virole. Il est inutile de dire que le principe de cet outil peut être appliqué à d'autres usages, notamment pour adapter à un arrache-tuyau formé de deux branches à crochets un système qui permette de le refermer, au besoin, pour le remonter au sol.

OUTILS SPÉCIAUX POUR SONDAGES A GRANDS DIAMÈTRES.

Aujourd'hui que l'industrie du sondage a pris, pour les recherches des mines surtout, une grande extension, il devenait important, suivant la nature des terrains à traverser, d'employer des instruments propres à ouvrir des trous sur un grand diamètre. Autrefois on considérait comme des diamètres hors ligne ceux de 40 à 50 centimètres; ces dimensions aujourd'hui rentrent dans les habitudes ordinaires, et peu de travaux de recherches se commencent sur une échelle moindre, quand on agit dans des localités où les terrains à traverser sont complétement inconnus et que la profondeur présumée doit être un peu considérable.

Avec les anciens procédés encore en usage pour des travaux de 150 ou 200 mètres, il est quelquefois difficile d'at-

teindre rapidement et économiquement les profondeurs de 400 à 500 mètres, en conservant au trou des dimensions un peu grandes. On ne pouvait songer à proportionner les tiges ordinaires, déjà lourdes, à la grandeur des diamètres nouvellement admis, pour que la résistance fût la même. Le calcul étant fait du rapport qui existe entre le levier représenté par le rayon des instruments, et la demi-longueur du manche de manœuvre, ces tiges fussent devenues d'un poids énorme. C'est alors que des tiges en bois ont été admises ; mais nous verrons plus tard qu'avec les instruments à chute libre, il suffit que les tiges résistent seulement aux efforts de traction, et que leurs dimensions peuvent être très-réduites si on les fait en fer, ce que nous préférons. Néanmoins on verra qu'avec notre nouveau procédé, les tiges peuvent presque indifféremment être fortes ou faibles sans inconvénient. Pendant l'opération du battage, la force à dépenser est constante ; il n'y a que pour la descente des tiges dans le sondage et leur retrait que de grosses tiges nécessitent un surcroît de force ; mais en compensation elles offrent, dans des circonstances exceptionnelles, des ressources qui ne sont pas à dédaigner, surtout si l'on est obligé de faire des efforts de torsion.

Nous avons vu précédemment que, dans certaines circonstances, par exemple pour l'attaque de roches très-dures, il y avait avantage à pratiquer un premier trou de petit diamètre, et à l'élargir ensuite. On conçoit que, dans les mêmes roches, un trépan de $0^m.50$ battrait pendant un temps très-long sans avancer d'une quantité appréciable, que ce trépan soit du reste à lame simple ou à plusieurs lames. Broyer un cylindre de roche dure ayant quelquefois 100 mètres de hauteur sur $0^m.50$ de diamètre devient une faussse opération, si

l'on a les moyens de détacher la roche par gros fragments. La difficulté se réduit, dans ce dernier cas, à pratiquer un passage annulaire autour d'un témoin cylindrique de roche, qu'on détache facilement du fond à l'aide d'un instrument fort simple, ou bien qu'on brise ensuite aisément par quelques coups de trépan ordinaire.

Pl. 11, *fig.* 1. L'outil qui fait l'office de trépan est composé d'un fort tuyau en tôle, ayant au moins 5 à 6 millimètres d'épaisseur, qui sert à consolider une fourche A B C, de 1 mètre à 1m.50 de hauteur, dont les extrémités D D sont munies de taillants rapportés; l'un d'eux *d'* (*fig.* 2) est dirigé suivant le rayon du trou, l'autre lui est un peu oblique, de manière à ce que les stries qu'ils forment tous deux soient faites en croix; on donne à la fourche toute la solidité qu'exigent sa largeur en A, et la longueur de ses branches. Le trépan conserve, comme on le voit, un témoin du terrain, du diamètre *a' a*, qui, en un temps donné, acquiert une certaine hauteur, 0m.20, par exemple; mais comme la boue et les débris finissent par gêner les taillants, on est obligé, avant de reprendre un trépan semblable fraîchement affûté, de les enlever avec l'outil (*fig.* 5 et 6) dont il sera question tout à l'heure.

Pl. 30 *bis*, *fig.* 9. L'instrument qui précède est le rudiment des dispositions plus complètes employées aujourd'hui, soit pour obtenir des échantillons cylindriques, comme nous le verrons plus loin, ou vérifier la nature des roches et leur pendage, soit pour pratiquer simplement un sondage annulaire, lorsque les dimensions du trou de sonde indiquent ce procédé comme devant être économique. L'outil figuré est construit pour des diamètres de 60 à 80 centimètres; il pourrait s'appliquer à des travaux encore plus considérables; les dispositions resteraient les

mêmes, seulement le nombre des lames devrait être augmenté. Il se compose, comme on le voit (*fig.* 9 et *fig.* 9 *bis*), de six branches réunies au sommet à une tige unique, portant l'emmanchement qui le relie au reste de la sonde. Ces branches sont maintenues à distance et consolidées par deux cylindres en forte tôle, séparés et de diamètre différent pour donner un dégagement plus facile aux boues, et aussi pour permettre l'adjonction en *b*, *b*, *b*, *b*, *b*, *b*, de fortes oreilles fixées sur les branches. Ces oreilles servent non-seulement de guides pour maintenir la verticalité de l'outil, mais encore à enlever les aspérités des parois et à les lisser. Les lames présentent des taillants de forme variée, destinés à strier la roche dans tous les sens; elles peuvent se démonter en *a*, *a*, *a*, *a*, pour les grosses réparations, et pour cela, il suffit de faire sauter deux rivures seulement par chaque lame. Pour les réparations ordinaires, une grue placée au-dessus de la forge permet de chauffer successivement chaque lame sans la démonter; l'outil, par sa masse, résiste suffisamment aux coups de marteau nécessaires pour la remise au diamètre.

Pl. 11, *fig.* 3 et 4. Dans certaines roches argileuses ou salifères, on peut employer, pour produire les mêmes résultats, un tuyau de forte tôle adapté à un enfourchement solide, ou à un cylindre qui le remplit exactement (si l'on craint la rupture des branches de la fourche, ce que l'on peut éviter du reste en leur donnant de la largeur). A la partie inférieure est fixée une frette *a b c* acérée et dentelée à sa base; les dents sont dirigées suivant les rayons de la circonférence, quelquefois dispersées par groupes affectant différentes directions. A une certaine hauteur dans l'instrument, on fixe une plaque M pour recevoir les débris qui peuvent tomber des parois du haut

pendant le travail. Il est bien entendu que cette plaque et même le cylindre-fourche devront avoir des trous qui s'opposeront à ce que l'outil fasse piston, ce qui se produirait infailliblement dans des boues compactes.

Pl. 11, *fig.* 5. Pour retirer les débris laissés par le trépan (*fig.* 1 et 2), on emploie deux tubes concentriques A B C D, *e f g h*, fixés à une même fourche *a b c* avec des boulons. Ils sont unis l'un à l'autre à leurs bases par des pièces plates *l* N à rebords, et inclinées pour servir de pelles ou de râteaux, et faire monter les débris au-dessus des clapets *j*. Ces pièces représentent alors la mèche des outils ordinaires de nettoyage; les clapets, au nombre de quatre (*fig.* 6), *j j j j*, sont mobiles au moyen de charnières dont les branches verticales sont fixées dans le tuyau enveloppant; elles buttent sur des tasseaux *kk*, et la branche horizontale de la charnière est large, pour que le clapet y soit bien adhérent. (Dans la figure 5, on n'a dessiné que la charnière, en oubliant l'épaisseur du clapet.)

Les débris s'introduisent donc, comme on le voit, dans l'espace annulaire des tubes, tandis que le témoin de terrain entre dans le cylindre intérieur. Après quelques tours de sonde on remonte l'instrument.

Après plusieurs voyages des outils, il s'agit d'enlever en entier le témoin, s'il a une hauteur suffisante et que, par son diamètre et sa nature, il soit susceptible de se détacher sous les efforts que l'on tente dans ce but. S'il en était autrement, on le briserait facilement à l'aide de trépans ordinaires, son isolement rendant cette opération facile.

La figure 3, planche 32, représente l'un des outils employés à produire la rupture désirée. Nous verrons plus loin qu'il est d'autres dispositions plus énergiques; néanmoins celle-ci peut

être avantageusement employée. Supposons un tuyau solidement fixé à une frette *l m n o* P (*fig.* 4) dans l'ouverture de laquelle passe une tige A B (*fig.* 3), terminée par un fort tampon B; cette tige est conduite par une seconde frette *e f*, semblable à la première, mais dont on pourrait se passer, puisque le tampon occupe tout le diamètre du tuyau. Les frettes sont percées d'une rainure dans laquelle s'introduit la nervure C D, ainsi que cela a lieu dans notre soupape (pl. 11, *fig.* 12 et 12 *bis*); le dessus de la première frette est muni aussi d'un petit point d'arrêt ou talon P contre lequel butte la nervure quand elle est au-dessus de la rainure. Au-dessous du tampon est une tige *j* K, ajustée à queue d'aronde dans les deux plaques latérales X Y, X Y (*fig.* 3 *bis*), et terminée suivant une partie inclinée qui la fait glisser dans une entaille *f g s* (*fig.* 5) pratiquée dans une frette coupée obliquement et évasée à l'intérieur, de manière à produire une arête aiguë E; la tige tranchante J K, dans la descente de l'instrument, est maintenue au-dessus de l'entaille par la pression d'une vis acérée et pointue, *h*, à tête fendue, se manœuvrant par un regard percé dans la tôle, et dont l'écrou G fait traverse dans le tuyau; au-dessus du point où la vis est implantée dans la tige, celle-ci est cannelée pour détruire l'effet de la vis aussitôt qu'avec le tampon B on la fait descendre d'une petite quantité.

Lorsque l'on descend l'instrument, le tampon B est en contact avec le dessous de la frette *e f*, et la nervure au-dessus de la frette supérieure butte contre l'arrêt P (*fig.* 4), afin que si l'instrument porte sur quelques points saillants des parois du trou de sonde, on puisse le tourner par sa tige A, en forçant sur ce talon. Lorsque la base du tuyau est arrivée au pied du témoin, on tourne légèrement la tige A pour introduire sa ner-

vure dans les deux frettes mortaisées, et la laisser descendre jusqu'à ce que le tampon s'arrête sur la tête *j*, puis on frappe quelques coups semblables à des coups de trépan, mais en élevant la sonde d'une très-petite quantité. Le témoin étant pressé en E (*fig.* 3 ou 5) contre l'élément tranchant de la frette oblique, et étant, d'un autre côté, poussé par l'angle K' de la tige, se détache sans beaucoup d'efforts et glisse sur le plan incliné E C, où il reste; plus la hauteur verticale de K' en E sera grande, plus la résistance du témoin à la rupture sera petite, puisque cette distance mesure le levier de la puissance du choc.

Les instruments que nous venons de décrire sont surtout applicables dans les terrains compactes; s'il s'agissait de traverser à grand diamètre des terrains irréguliers, par exemple des marnes et des calcaires, en rognons disséminés dans une masse peu consistante, on devrait leur substituer les outils ordinaires. Le chapitre suivant renferme la description de quelques outils qui ont beaucoup d'analogie avec ceux-ci; seulement, tandis qu'ici on s'est préoccupé des moyens les plus rapides pour entamer sur de grands diamètres des roches résistantes, là nous verrons que la grande préoccupation est de tirer des échantillons propres à éclairer les recherches que l'on tente.

OUTILS PROPRES A VÉRIFIER LA NATURE, L'INCLINAISON ET LA DIRECTION DES COUCHES.

Dans beaucoup de localités, les couches du terrain houiller sont connues par leurs affleurements; leur allure souterraine se déduit de leur disposition au sol, et si l'on ne connaît pas, en un point donné du bassin, la puissance de ces couches, on

peut du moins établir à ce sujet des hypothèses rationnelles. Souvent aussi, le terrain houiller est recouvert, soit par des alluvions, soit par des formations régulières plus récentes, et son existence n'est indiquée que par des affleurements de médiocre étendue et éloignés ; le sondage par lequel on va à sa recherche ne le rencontre donc qu'à une profondeur indéterminée. Pour reconnaître sa puissance, son inclinaison et sa direction, on procède de la manière suivante :

Un moyen géométrique se présente d'abord ; il consiste à atteindre par trois sondages, non situés en ligne droite, une même roche du terrain houiller, et à déduire du plan qui passe par ces trois points l'inclinaison et la direction cherchée ; ceci trouvé, on pourra calculer la véritable puissance du terrain houiller, mesurée perpendiculairement à ses lignes de stratification ; ce moyen est infaillible, mais il devient un non-sens lorsque les dépôts de terrains postérieurs à la formation dont il s'agit sont puissants. On peut obtenir la solution du problème à l'aide d'un seul sondage.

Le moyen employé dans presque tous les terrains consiste à retirer un témoin découpé en pleine couche.

Dès 1819, M. Dranzy, exécutant à Vic-sur-Meurthe des sondages pour recherches de sel gemme et ses découvertes étant mises en doute, imagina un instrument capable de ramener un témoin irrécusable du terrain attaqué par la sonde. Cet instrument, vu par M. Levallois, ingénieur des mines, était identique à celui indiqué planche 11, figure 3 ; il ramena le témoin empâté dans la boue.

Vers 1840, M. Évrard, s'occupant de sondages, chercha à déterminer l'inclinaison et la direction des couches traversées par la sonde. Voici à ce sujet le compte rendu de M. Combes

dans son *Traité sur l'exploitation des mines* (vol. Ier, p. 162. 1844).

« M. Évrard, professeur à Valenciennes, a imaginé un ins-« trument (représenté pl. 32, *fig.* 10) au moyen duquel on « peut déterminer, quand le diamètre du trou est un peu con-« sidérable, le degré et le sens de l'inclinaison de certaines « couches tendres et feuilletées, comme le sont, par exemple, « les schistes du terrain houiller.

« Après avoir nettoyé avec beaucoup de soin le fond du « trou, M. Évrard descend à l'extrémité des tiges un outil « formé d'une lame tranchante, dont le plan passe par l'axe « des tiges et du trou sans que le milieu de la lame soit sur « cet axe. Cette lame est garnie d'ailes en bois boulonnées « dessus, dont les plans viennent sè croiser, suivant l'axe des « tiges, dans l'axe du trou. La lame étant fixe au bas de la « première tige et suspendue au câble de l'engin, on prend à « la surface, au moyen de deux fils à plomb, l'orientation du « plan vertical de la lame. Il faut ensuite la descendre au fond « du trou, en ayant soin de la maintenir exactement dans le « même plan; M. Évrard y parvient au moyen de deux règles « qu'il adapte successivement au moyen d'un collier et d'une « vis de pression sur les assemblages des tiges qui sont vis-« sées au-dessus les unes des autres pour prolonger la sonde. « On fixe l'une des règles sur l'assemblage, en ayant soin de « la tourner de façon qu'elle soit dans le plan vertical de la « lame dont l'orientation est repérée à la surface, ainsi qu'il a « été dit. On descend la sonde jusqu'à ce que la règle soit au « niveau du sol. Si la sonde a tourné, on la ramène en se gui-« dant sur cette règle. Puis, après avoir vissé une autre tige, « on adapte au nœud supérieur une seconde règle qui soit

« dans le plan vertical de la première. On détache celle-ci, on « descend la sonde, on ramène la deuxième règle arrivée au « niveau du sol dans le plan repéré, etc. On parvient ainsi, en « alignant les deux règles le long de la tige et en ramenant la « règle, qui demeure fixée à la sonde pendant qu'elle descend, « dans son plan primitif, à prévenir la rotation de la sonde « pendant la descente; et comme les tiges ne peuvent guère « éprouver de torsion pendant cette manœuvre, la lame arri- « vée au fond est orientée comme à la surface. Cette lame « s'imprime sur le fond du trou par le poids de la sonde et y « laisse un trait apparent.

« M. Évrard descend ensuite un outil formé de quatre « lames tranchantes, de 25 centimètres de long, boulonnées « à la circonférence d'un cylindre plein ou creux, d'un dia- « mètre un peu plus petit que celui du trou; ce cylindre est « cannelé extérieurement entre les lames, pour laisser le pas- « sage libre aux boues.

« Les quatre lames viennent se poser à la circonférence du « trou; elles attaquent, en rodant, le terrain tendre, dans « lequel elles creusent une gouttière circulaire, en laissant « entre elles le témoin sur lequel la lame a imprimé sa trace.

« Quand la gouttière est creusée dans les schistes tendres « du terrain houiller, sur 10 à 12 centimètres de profondeur, « il arrive ordinairement qu'en relevant la sonde, le cylindre « intérieur se détache du terrain, reste engagé entre les « lames et est ramené à la surface. La structure du mor- « ceau ainsi ramené fait connaître le degré d'inclinaison « des feuillets et de la stratification qui est parallèle aux « feuillets.

« On conclut le sens de l'inclinaison et de la direction des

« feuillets de l'empreinte laissée par la lame sur le sommet « de l'échantillon.

« Il suffit pour cela de mesurer l'angle que cette empreinte, « dont l'orientation est repérée et connue, forme avec la ligne « de direction des feuillets.

« Quand l'échantillon ne se détache pas seul de sa base, « M. Évrard emploie pour le détacher l'outil représenté *fig.* 10, « pl. 32, qui se compose de deux branches appartenant à un « même anneau cylindrique, et portant à leurs bases deux « pièces courbées en forme de virgules, disposées, à l'intérieur « des branches, comme le sont à l'extrémité du manchon les « pièces mobiles de l'arrache-tuyau, *fig.* 7, pl. 14. Les bran- « ches sont introduites dans la gouttière creusée par l'instru- « ment, puis, en tournant dans le sens convenable, les pièces « mobiles s'engagent dans la base de l'échantillon qu'elles « ramènent. » (*Voyez*, pour plus de détails, la notice de M. Évrard, *Ann. des mines*, t. XVIII, 1840, p. 53.)

Nous croyons compléter suffisamment la description que nous *avons cru* devoir emprunter à M. Combes, en désignant l'outil (pl. 32, *fig.* 1) comme étant à peu près celui employé par M. Évrard pour découper son échantillon dans la masse, avec cette modification, que les biseaux des lames devraient être disposés pour couper en rodant; nous allons, du reste, indiquer sa construction et la manière un peu différente dont nous l'avons mis en œuvre. On verra, par la suite, les dispositions que nous avons dû adopter pour découper des échantillons en colonnes de $0^{m}.80$ à $0^{m}.90$ de hauteur, d'une manière pratique et rapide, sans nous borner à des terrains tendres, mais bien en les attaquant sans nous préoccuper de leur dureté.

Un des premiers instruments dont on ait fait usage consis-

tait donc (pl. 32, *fig.* 1) en une masse cylindrique A, dans laquelle on ajustait, à queue d'aronde, quatre lames acérées *b*, *b*, *b*, *b*, laissant entre elles un espace du diamètre CD, dans lequel le témoin se découpe. Dans la manœuvre de cet instrument, au lieu d'employer la rotation, on agit par la percussion à faible hauteur, et cette méthode est généralement la plus convenable. On obtient ainsi, plus ou moins rapidement, la formation d'un cylindre qui, s'il est de schistes, par exemple, indiquera, par le pendage des feuillets, l'inclinaison générale des terrains. Nous avons vu quelques sondeurs du Nord rompre très-rapidement ce témoin dans l'instrument même. Pour cela ils soulèvent légèrement la sonde, et pendant que l'outil est suspendu à 1 ou 2 centimètres du fond, à l'aide d'un tourne-à-gauche, ils frappent un coup vigoureux sur les tiges. Il résulte de ce choc une trépidation de la sonde qui provoque une secousse au fond et casse le témoin. Ce système est brutal et échoue souvent; on doit donc le rejeter. Lorsque le témoin se détache du pied à un moment que l'on ne peut apprécier, surtout lorsqu'on le forme par rotation, l'expérience est imparfaite, en ce que la direction des couches reste encore inconnue. Pour qu'elle soit complète, il est indispensable que le témoin reste intact sur pied, et qu'il soit retiré par un instrument dont la position est connue au sol et qui fonctionne par percussion seulement. L'instrument (*fig.* 3), dont il a été question, peut être employé. Il exige, pour être solide, un diamètre minimum de 15 centimètres. Cet emporte-pièce sert aussi à enlever un témoin formé soit par l'outil (*fig.* 1), soit simplement par un trépan fendu, ou enfin par la frette dentelée (pl. 11, *fig.* 3). L'emporte-pièce (pl. 32, *fig.* 2) est semblable à un arrache-tuyau, excepté que ses crochets *f f*

agissent à l'intérieur du vide *g h*, ménagé dans sa masse pour l'introduction du témoin. Comme ce n'est que par rotation que ses crochets peuvent agir, il a également l'inconvénient que nous signalions tout à l'heure, c'est-à-dire de ramener un échantillon dont on ignore la situation positive, et par conséquent la direction des feuillets ; l'inclinaison seule est connue, et par suite l'épaisseur des oouches proprement dite, ce qui est déjà une grande donnée.

Pour remédier à l'inconvénient que nous signalons, et aussi pour extraire couramment des échantillons d'une grande hauteur, voici les instruments dont nous nous servons aujourd'hui, et qui ne laissent rien à désirer. L'un d'eux, le découpeur (pl. 23, *fig.* 9),se compose d'une tête A terminée par quatre branches verticales B, B, B, B, dont les quatre extrémités, percées d'un trou de $0^m.02$ à $0^m.03$, reçoivent les tenons D, D, D, D de quatre ciseaux C, C, C, C. Les quatre branches réunies à leurs ciseaux par les tenons sont solidement assujetties entre deux tuyaux concentriques, en tôle forte, au moyen des rivets *t*, *t*, *t*, *t*, *t*. On peut encore les assujettir au moyen de cornières comme dans la planche 30, figure 2. On comprend que les branches étant bien maintenues, on peut leur donner une longueur assez grande. Dans l'instrument dont nous avons fait emploi à Londres, elles avaient 2 mètres, mais cela est inutile. Dans ceux que nous construisons actuellement, elles n'ont guère que $1^m.30$, ce qui permet d'extraire des colonnes de terrain de près d'un mètre, longueur beaucoup plus que suffisante. Cet outil se meut par percussion comme les trépans.

Le témoin formé, on descend l'emporte-pièce pour le détacher du fond et le monter au sol. Il se compose (pl. 30, *fig.* 3)

d'un tuyau *tt*, réuni, dans toute sa hauteur, à une fourche ABB dont l'une des branches reçoit, au moyen de boulons *e, e*, une bande CC de fer plat de même longueur qu'elle; cette bande fait ressort; un coin D, dont la partie supérieure amincie porte une rainure ou coulisse K, est destiné à se mouvoir entre la bande de fer et la branche de fourche; cette dernière est munie de trois goujons *h, h, h*, rivés au tuyau; la bande de fer est percée de trois trous destinés à recevoir, sans qu'elles y soient fixes, les extrémités de ces goujons, qui se trouvent ainsi traverser la rainure K du coin D qu'ils empêchent de tomber. Deux ou plusieurs ressorts SR, placés sur les parois extérieures du tuyau, tiennent leur mentonnet R saillant à l'intérieur, de manière à ce qu'ils soient en contact avec le témoin qu'ils doivent retenir prisonnier dans l'outil.

L'emporte-pièce est descendu dans le sondage comme l'indique la figure, c'est-à-dire le coin placé aussi bas que le permet sa coulisse. Au moment où l'instrument arrive à 10 ou 15 centimètres du fond de l'espace annulaire creusé par le découpeur, on laisse tomber toute la sonde; le choc fait alors rentrer le coin entre les deux branches qui s'ouvrent, et présentent une épaisseur plus forte que celle de l'espace annulaire produit par le découpeur; il se fait alors une poussée horizontale qui rejette de côté le tuyau de tôle et, par suite, le cylindre de terrain qu'il enveloppe, et qui se détache ainsi du fond du trou en restant prisonnier dans l'instrument au moyen des ressorts, et même de la boue qui l'entoure assez généralement.

Pour remonter cet échantillon au sol dans la position exacte qu'il occupe au fond du trou, de manière à reconnaître le pendage des couches, voici comment on procède :

Soit la ligne N.-S. DXO (pl. 32, *fig.* 6), passant par l'axe du

trou de sonde, et menée de l'extérieur à l'intérieur de l'atelier, pour éviter l'influence du fer des outils sur l'aiguille aimantée de la boussole. Sur cette ligne, en un point quelconque X, on élève une verticale X S, au moyen d'un fil à plomb terminé par une pointe qui se pique justement en X; l'autre extrémité S de la verticale étant marquée sur le montant de la chèvre ou sur une traverse qui le remplace, on joint le point S au point X par un fil de fer sans inégalités, tendu fortement. Supposons qu'au moment où on laisse tomber la sonde pour détacher le témoin, le premier emmanchement de celle-ci soit en K; sans tourner la sonde, on fixe sur cet emmanchement une alidade, de manière à ce que la pointe de sa flèche touche le fil de fer, puis on remonte la sonde comme d'ordinaire, c'est-à-dire en la tournant à droite ou à gauche, s'il en est besoin; lorsque l'emmanchement de la tige suivante arrive à la portée de la griffe, on ramène l'alidade *a b* sur le fil vertical, et l'on en fixe une seconde *a' b'* dans le même plan, sur ce deuxième emmanchement; cela fait, on dévisse la tige remontée, on en defait l'alidade pour l'adapter à la troisième tige, et ainsi de suite; l'emmanchement de l'outil emporte-pièce remontera au-dessus du sol, muni aussi de son alidade, dont on comparera la direction avec celle des feuillets qui composent le témoin; quant à l'inclinaison de ceux-là, on la trouvera exactement dans l'angle que leur ligne de plus grande pente fait avec les arêtes du témoin cylindrique.

Tel est le moyen qui nous paraît le plus propre à reconnaître l'allure des couches, par l'examen d'un échantillon retiré du trou de sonde. S'il arrivait que les terrains présentassent tellement de fragilité dans leur stratification, qu'il fût difficile, sinon impossible, d'éviter le bris du témoin en temps

inopportun, voici un procédé qui permettrait de laisser une trace indicatrice certaine. Après avoir bien nettoyé le fond du trou, on descendrait un trépan offrant sur son taillant une figure quelconque, une flèche, par exemple. Ce trépan, soulevé avec soin de quelques centimètres et retombant deux ou trois fois dans la même direction, imprimerait une trace sur le fond; or, si on remonte cet outil avec les mêmes précautions que celles indiquées plus haut pour l'emporte-pièce, on pourra se rendre parfaitement compte de la direction de la trace faite. Le découpeur descendu formera un échantillon qui, remonté au sol de quelque façon que ce soit, portera l'empreinte indicatrice.

La disposition des feuillets schisteux n'étant pas un indice toujours sûr de l'allure générale des couches, on ne devra pas se contenter de leur témoignage. Pour que les observations aient une assez grande certitude, elles doivent être répétées plusieurs fois sur les strates de grès ou de calcaires superposés soit aux schistes, soit aux lits de houille.

Dans le cas où l'on ne posséderait pas d'outils vérificateurs, voici un moyen que l'on peut encore employer pour arriver à des indications sérieuses. Supposons que la présence du terrain houiller soit suffisamment constatée par les échantillons ramenés par les instruments ordinaires de sondage, et que l'on ait à traverser des couches de grès ou de calcaires durs alternant avec des lits de schistes tendres ou de houille; toutes les fois que cette superposition se rencontrera, on en profitera pour attaquer au plus petit diamètre possible, 4 centimètres si cela se peut, la couche de grès *ab* (pl. 32, *fig.* 7), par exemple. On guidera le trépan de 4 centimètres par une lame qui le tiendra exactement au centre du trou;

on fera avec ce trépan 60 à 80 centimètres dans la roche dure, puis on enlèvera avec la tarière et avec un trépan, dont on aura coupé la lame très-obliquement, et qui portera un téton cylindrique de 4 centimètres de diamètre, les débris de schistes qui recouvrent la roche, dont on mettra ainsi la surface tout à fait à nu. Cela fait, on descendra un trépan à taillant horizontal (*fig*. 8), portant aussi un téton du diamètre du petit avant-trou. Il est évident que si l'inclinaison de la roche est grande, la ligne horizontale du taillant du trépan l'indiquera de suite, car une de ses extrémités, portant sur le haut A‴, du plan incliné, descendra au moindre effort s'asseoir sur l'horizontale A′ A″ située dans ce plan, qu'il quittera difficilement si l'on ne soulève pas la sonde; la direction de la roche sera donc ainsi déterminée; quant à son inclinaison, elle est donnée par un triangle rectangle *g* A″ *f* dont l'un des côtés de l'angle droit est *g* A″, rayon du trou de sonde, l'autre A″ *f*, la quantité dont le trépan a descendu du point le plus haut A‴ à sa position en A″; pour une inclinaison sensible, cette hauteur A″ *f* est très-facilement appréciable; mais dans tous les cas il vaut mieux faire un second voyage de l'outil (*fig*. 7), afin de descendre de *f* en R, et calculer d'après la hauteur double R S.

On conçoit qu'il ne faut pas se borner à une seule expérience, semblable à celle que nous venons de décrire, mais la répéter, au contraire, plusieurs fois, et lorsque la superposition d'une couche tendre sur une roche dure se présentera.

Pl. 32, *fig*. 9. Lorsqu'on rencontre une couche de houille, on en retire des fragments nombreux, après avoir poussé le forage à quelques mètres plus bas, au moyen de l'instrument analogue à un arrache-tuyau à lames horizontales, droites et

dentelées à leurs extrémités; la masse cylindrique dans laquelle ces lames sont adaptées porte un tenon auquel on suspend un seau dans lequel la houille tombe. Si la couche est épaisse, on peut encore, avec cet instrument, vérifier l'inclinaison et la direction du terrain par des mouvements semblables à ceux dont nous avons parlé précédemment.

Lorsque les terrains houillers sont connus d'après leurs affleurements, ou le voisinage d'exploitations, les sondages de reconnaissance peuvent n'être que d'un très-petit diamètre; il convient, au contraire, si les affleurements sont éloignés, peu prononcés ou cachés, de donner un grand diamètre au sondage, afin de faciliter les études en question et qui sont d'une très-grande importance. Non-seulement on est mieux éclairé sur la disposition du sol, ce qui peut guider dans les travaux futurs d'exploitation, mais en France, les concessions pouvant s'accorder sur les constatations de découvertes par sondages, il est indispensable que l'ingénieur des mines chargé de ces constatations ait les éléments les plus complets pour y procéder. Dans les bonnes conditions de terrain, si l'on a un bon forgeron pour la réparation des instruments, un sondage peut être exécuté presque en entier à l'aide du découpeur et de l'emporte-pièce. Il en résulte une série de témoins, qui, mis les uns au bout des autres, forment la coupe géologique la plus complète qu'on puisse avoir. Nous avons fait quelques sondages ainsi, sans que la dépense ait été beaucoup plus grande.

DIFFÉRENTS MODES QUI SERVENT A PRODUIRE LA CHUTE DES OUTILS PERCUTEURS SUR LES ROCHES.

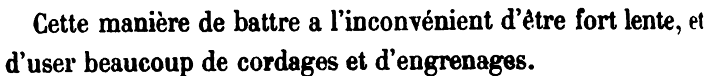
La plus ancienne, et en même temps la plus mauvaise machine que nous ayons employée, se composait (pl. 5, *fig.* 4) d'un pignon mû par deux manivelles, et qui commande une roue engrenant avec une crémaillère de 2 à 3 mètres de hauteur, retenue, comme mesure de sûreté, par un câble passant sur une poulie. Cette dernière portait à son extrémité inférieure un emmanchement, auquel s'adaptait la sonde entière terminée par l'outil broyeur, trépan, casse-pierre, etc. Le pignon n'était denté que sur une partie de sa circonférence, de sorte que, au moment où le pignon présentait à la roue sa partie lisse, la sonde soulevée retombait de tout son poids sur la roche. La crémaillère était guidée dans son mouvement vertical par deux galets adaptés sur le derrière de la cage de la machine; mais la roue et le pignon n'en éprouvaient pas moins de nombreux et violents chocs qui, à chaque instant, amenaient la rupture des dents, bien qu'elles fussent en fer et travaillées avec toutes les conditions voulues pour une solidité exceptionnelle. Il résultait de ce fait des suspensions longues dans le travail, et des réparations trop coûteuses; on a donc dû y renoncer.

Cette machine imparfaite a été modifiée, et nous verrons plus loin son application pour les sondages horizontaux.

Un autre moyen moins dangereux que le précédent, mais moins énergique, consistait (pl. 5, *fig.* 2) en un grand levier B D *e f f*, retenu au point B dans une potence A, et posé en D sur un tréteau C; la sonde s'adaptait en *e* au moyen d'une

chape à chevillette G, et les ouvriers appliquaient leur force en *f*, *f*, etc., sur des bâtons transversaux. Le point d'appui D était déterminé, par expérience, de manière à ce que l'élasticité de la partie D *e* fût capable de soulever la sonde entière, que les hommes faisaient retomber en n'ayant à vaincre que cette élasticité. Mais il s'en fallait de beaucoup que le choc fût égal à celui dû à la pesanteur proprement dite, la vitesse était loin d'atteindre celle qu'aurait produite, en d'autres cas, la hauteur de chute; le peu de résultats obtenus par ce système nous l'a fait rejeter; nous avons souvent préféré employer la simple tiraude (pl. 5, *fig.* 1), avec laquelle on obtient un choc dont l'effet utile est dû au poids de la sonde, diminué seulement du travail de la partie entraînée B A. Nous revenons à ce mode simple pour de petites profondeurs, et lorsque nous n'avons pas sur les lieux des machines ordinaires plus commodes.

Dans les trois modes suivants (pl. 5, *fig.* 5, 6 et 7), on emploie le treuil pour battre, c'est-à-dire pour la percussion : *a* (*fig.* 5) est le pignon, *b b* la grande roue, C son tambour, sur lequel s'attache à un crochet et s'enroule le câble de la chèvre, retenant la sonde par son autre extrémité; à côté de ce cordage, on fixe aussi un bout de corde qui se déroule, lorsque le premier s'enroule pour enlever la sonde; l'extrémité de cette corde est fixée en D, et elle est détendue quand la sonde est enlevée; lorsque l'on débraye le pignon, le câble entraîné par la sonde se déroule, tandis que sa corde de retraite s'enroule de son côté, et évite le dévidement complet du cordage; la corde de retraite éprouve un choc en vertu duquel elle rappelle le tambour en sens contraire de la chute, et oblige le cordage à s'enrouler seul; là il y a un point d'arrêt dont on profite pour embrayer, et ainsi de suite.



Cette manière de battre a l'inconvénient d'être fort lente, et d'user beaucoup de cordages et d'engrenages.

La figure 6 indique un mode analogue au précédent, et dont nous nous servons encore quelquefois pour des cas où il est nécessaire d'élever irrégulièrement la sonde, lorsque, par exemple, à une profondeur de 20 ou 30 mètres, on élargit le trou de sonde, ou que forant au diamètre ordinaire, on a laissé des saillies ou cornes dans les parois; comme il faut alors élever le trépan ou l'élargisseur de $0^m.50$ ou $0^m.60$ au-dessus du fond, et que cette hauteur de chute amènerait infailliblement la rupture de l'outil, si l'on abandonnait la sonde à sa pesanteur, on y obvie au moyen du cordage D (*fig.* 6), qui fait deux ou trois fois le tour du tambour et s'adapte à la queue du levier de sonnerie; un homme placé en D retient, en tirant, le cordage, enlève la sonde, la laisse retomber de la quantité nécessaire, et la tient même au-dessus du fond, quand cela est utile. On use, avec ce système de percussion, beaucoup de cordages, quand surtout la sonde ne porte pas à fond à chaque chute de l'outil; on peut les remplacer par une chaîne de $0^m.015$ à $0^m.018$ pour une profondeur de 150 à 200 mètres et au delà, en disposant le levier de la chèvre de manière à ce que la puissance reste la même; la chaîne s'use aussi promptement par le frottement qu'elle éprouve sur un tambour en fonte, ou sur un tambour en bois garni de bandes de tôle; le moyen le plus économique d'utiliser la chaîne, c'est de la faire glisser sur le bois; on dispose à cet effet une partie du tambour, de manière à recevoir deux demi-couronnes en bois d'orme ou autre bois plus dur encore, que l'on remplace lorsqu'elles sont usées.

La sonnerie, ou batterie au déclic (*fig.* 7, même planche).



n'est plus en usage dans nos ateliers, parce qu'elle donne souvent lieu à la rupture des tiges. Le câble, passant dans la poulie de la chèvre et s'enroulant sur le tambour du treuil, s'attache à une essé, dans la boucle de laquelle passe l'anneau de la chape du déclic ou petit levier *efg*; la partie courbe *fe*, formant le petit bras, s'accroche à l'anneau de la tête de sonde; à l'aide du treuil on élève la sonde de la quantité voulue, puis on l'abandonne à son poids et à toutes ses oscillations, en tirant sur la corde *h* pour faire sortir le crochet *ef* de l'anneau de la tête de sonde, dans lequel on le replace de nouveau en faisant tourner le treuil en sens contraire, pour laisser descendre le câble et le déclic qui y est attaché.

SONNERIE A LA CAME. (PL. 5, FIG. 8, 9 ET 10.)

Pour une sonnerie régulière sur des roches dures, une came à deux ou trois dents, ou mieux encore une roue à galets faisant abaisser une bascule qui communique son mouvement alternatif à la sonde, est ce que nous employons de plus convenable. Comme ce mode de sonnerie sera détaillé plus loin, nous nous contenterons ici d'indiquer le moyen théorique de tracer la forme que doivent avoir les cames, ou le bec de la bascule si l'on emploie une roue à galets.

Fig. 9. Soient A *c'* le rayon du cercle décrit par la bascule K *l* (*fig.* 8), destinée à être mise en mouvement, non par une roue à galets, comme l'indique la figure, mais par une roue à cames (*fig.* 10), cas dans lequel la bascule est munie en *l* d'un galet qui roule sous les cames; *c c'* le rayon du cercle C' D (*fig.* 10), où les courbes des cames doivent commencer. Si l'on suppose que le grand cercle roule sur le petit, et toujours



dans le même plan, le point de tangence c' du grand cercle. décrira dans ce mouvement une épicycloïde plane c'N, qui est la courbe cherchée de la came. Pour construire cette courbe, on divise une partie du grand cercle en petits éléments, lesquels s'appliqueront sur le petit cercle en $c'i$, ij, jk, etc. Les différentes positions du cercle correspondantes au point de tangence ijk, sont RS, R'S', R"S". Pour obtenir le premier point de la courbe, nous portons un élément de i en q sur le premier arc de cercle ; pour le second point, nous portons, à partir du deuxième point de tangence j, 2 éléments sur le second arc de cercle ; pour un troisième, 3 éléments de K en N, qui est l'extrémité de la dent, d'après sa distance N au centre D (*fig.* 10), qu'on s'est donnée d'avance. Si le cercle dans lequel sont comprises les cames doit être plus grand, on continue de chercher la courbe comme nous venons de l'indiquer. La courbe opposée est quelconque; de N en N'' on conserve l'arc de cercle ; on pourrait continuer jusqu'en N' la courbe NN, que l'on peut tracer suivant l'arc que décrit le galet de la bascule.

Comme on le voit (*fig.* 10), les trois cames font une seule pièce avec une couronne en fonte, dans laquelle passe l'arbre du tambour en D, et dont la partie A reçoit le tambour lui-même s'il est en bois ; si c'est un tambour en fonte que l'on emploie, on supprime cette partie et l'on fixe les cames contre l'embase du tambour.

Si c'est une roue à galets qui met en mouvement la bascule, l'extrémité de celle-ci doit affecter la même courbure que celle des cames, une épicycloïde plane. Pour construire cette dernière, on suppose que le levier de bascule soit réduit à une ligne mathématique ; soit alors $c'c'$ (*fig.* 9) le rayon du cercle sous lequel il se trouve, et Ac' le rayon de celui que décrit le

point de la bascule, qui est tangent au galet lorsqu'elle est horizontale. Le petit cercle, en roulant sur le grand, occupe les différents points de tangence c', d, e, f, g, B; pour obtenir le premier point de la courbe, on porte sur le premier cercle tangent en d une distance égale à l'élément dc', pour le second point, à partir de e, et sur le second cercle, 2 éléments pour obtenir le point o', et enfin 5 éléments de B en M, sur le cinquième cercle, pour obtenir le point M; la longueur de la courbe est exagérée dans la figure; en pratique, on la trace suivant toute l'épaisseur du fer de la bascule, sauf à la couper à la longueur voulue.

SONNERIE AU DÉBRAYAGE. (PL. 5, FIG. 11 ET 12.)

C'est par ce mode de percussion, dans les terrains tendres, que nous avons remplacé les systèmes à cordes des figures 5 et 6. Soient a et b (*fig.* 11) le pignon et la roue du treuil, dont c est le tambour, à côté duquel est un manchon en fonte D D' (*fig.* 12) fou sur l'arbre et muni, d'un côté, d'un tour d'hélice en saillie E E', et de l'autre, d'une mortaise $l\,m$, traversée par un goujon vissé dans la fonte; ce manchon est percé, dans toute sa longueur, de six ouvertures destinées à recevoir les dents d'un autre manchon de débrayage, mobile en glissant sur deux clavettes d'acier fixées sur l'arbre. Le levier qui sert à manœuvrer ce dernier a son centre de mouvement dans une chape fixée à l'un des bâtis du treuil.

Le tour d'hélice E E' est destiné à diriger l'enroulement d'une chaîne-galle, portant à son extrémité une pièce de fer, encastrée et maintenue par deux vis dans le plein de la fonte que laissent entre eux deux vides consécutifs P P; l'autre



extrémité s'adapte par un crochet à la tringle de derrière
levier de battage.

Lorsque l'on se dispose à battre au débrayage, on laisse
demi-tour de chaîne environ sur le manchon, et l'on embra
au moyen du levier *f*G (*fig.* 11). Quand la sonde est suffisa
ment élevée, on débraye le manchon, la sonde alors tombe
déroulant la chaîne; pendant la chute, on a soin de tenir
manchon débrayé; après le choc on embraye de nouveau p
soulever la sonde, et ainsi de suite.

Lorsque la sonde tombe, elle entraîne la chaîne de toute
quantité dont celle-ci s'est enroulée, plus le demi-tour qu'on
a laissé sur le manchon; celui-ci continuerait son mouvem
en enroulant la chaîne en sens contraire, si un contre-poids
25 kilog. ne s'y opposait; dans l'entaille *lm* (*fig.* 12) est l
et retenu par une vis qui passe à travers l'œil d'une cour
double en fort cuir; cette courroie est aussi enroulée d
demi-tour sur le manchon, et disposée de manière à s'enrou
lorsque la chaîne se déroule, et réciproquement. La courro
de 2 mètres de longueur seulement, est allongée par une co
passant sur une petite poulie, et tendue par un contre-p
de 20 à 25 kilog. Lorsque après chaque choc la chaîne t
à se dérouler au delà du demi-tour laissé en réserve,
ébranler son point de fixation au manchon, le contre-poids
oppose, en rappelant ce dernier dans le sens contraire.

Ce mode de percussion est applicable principalement d
les couches tendres ou de moyenne dureté, dans des sonda
de 100 à 200 mètres, pour lesquels la sonde doit être élevée d
les limites de $0^m.12$ à $0^m.60$ ou 1 mètre, et quelquefois 1^m.
pour les roches dures, où la hauteur de chute doit être
considérable, et les chocs aussi nombreux que possible, la r

à cames ou à galets est préférable ; on frappe avec celle-ci, à l'aide d'une machine à vapeur, jusqu'à 40 coups par minute.

Nos derniers treuils portent ensemble les deux systèmes, la roue à galets et le débrayage, de manière à ce que le conducteur soit toujours maître de modifier son mode de percussion, suivant la nature des terrains à traverser.

L'emploi d'une machine à vapeur n'est avantageux qu'autant que la main-d'œuvre est diminuée pour la percussion et l'enlèvement de la sonde ; la transmission du mouvement de la machine à vapeur à la sonde, dans ces deux cas, a lieu par les treuils ordinaires de grande dimension ; mais quelque simples que soient les modifications à apporter à ces derniers pour mettre à profit toute l'action de la machine, les dépenses qui en résultent sont assez élevées, et ne doivent se faire que pour des sondages importants et de longue durée.

S'il ne s'agissait que du mouvement de percussion, l'ensemble de la machine serait moins compliqué ; sans axe de rotation, sans came ou sans débrayage, celle-ci se réduirait à un simple cylindre à vapeur (pl. 5, *fig.* 13) dont la tige du piston en *f* est fixée à la tringle du levier de battage, ou bien à la chaîne de la chèvre, tandis que la sonde est attachée, comme dans les cas précédents, au bec du levier ou à l'autre extrémité de la chaîne ; un robinet à quatre ouvertures introduit de la vapeur sur le piston du cylindre, et la sonde est élevée d'une hauteur qu'on limite à volonté en bouchant le tuyau d'arrivée de vapeur, au moyen d'une clef C D fixée au robinet ; au même instant, l'ouverture opposée du robinet fait communiquer le dessus du piston avec le tuyau vertical de sortie de vapeur, et la sonde retombe de tout son poids sur le terrain ; le cylindre à employer à cet effet doit être plus long que d'ordi-





naire, relativement à son diamètre, afin que la course de la sonde puisse être portée à son maximum, sans nécessiter, pour les petites profondeurs, un levier dont le grand bras serait de son côté au lieu d'être du côté de la puissance. Ainsi, du sol à 100 mètres, la hauteur à laquelle on élève la sonde est de $0^{m}.50$ à 1 mètre dans les couches tendres; souvent, près du sol, cette hauteur va jusqu'à $1^{m}.50$; il est bon, pour la rapidité du mouvement, et pour ne perdre aucun temps en équipements de levier, que la machine soit assez forte pour produire cette hauteur de chute directement, et environ 40 fois par minute; un cylindre de 5 chevaux donnerait à peu près ce résultat pour une sonde de 100 mètres; au delà, on serait obligé d'avoir recours au levier *n p r*, avec lequel, du reste, on obtiendrait un résultat proportionnellement égal au premier, attendu que le poids moteur augmentant, sa hauteur de chute doit diminuer.

On donne encore de la longueur au cylindre pour éviter les chocs du piston contre le couvercle, et, pour cela encore on pratique en *a* une ouverture qui se trouve à la limite de la course, et par laquelle s'échappe une partie de la vapeur, en attendant que l'autre remonte par le tuyau de sortie, lorsque instantanément le robinet lui en livrera le passage. Nous n'indiquons ce système comme applicable avec économie que dans quelques cas exceptionnels. Le cas d'application du cylindre se présente lorsque les travaux ont lieu dans une usine, qui peut, de temps à autre, disposer d'une faible partie de la vapeur qu'elle emploie, et lorsqu'en outre le sondage ne doit pas être de longue durée; si le propriétaire a admis le mode de traité à la journée, il trouvera toute économie à installer à peu de frais les pièces dont il est question, puisque le nombre de coups de sonde donnés

dans celui-ci et dans le train ordinaire sont entre eux comme 30 ou 40 est à 15 ou à 20.

Nous n'avons parlé ici que des moyens employés au sol pour provoquer la chute d'une sonde terminée par un outil percuteur. Lorsqu'il sera question des sondages avec coulisse opérant la chute libre de l'outil seul, sans que la partie supérieure des tiges y participe, on verra que tous ces moyens deviennent inutiles, la marche à appliquer aux tiges se résumant en un mouvement rectiligne alternatif, transmis par un balancier manœuvré par une manivelle et une bielle.

DESCRIPTION ET MANŒUVRE DES DIFFÉRENTES SONDES D'EXPLORATION [1].

Ces sondes, auxquelles nous avons donné particulièrement le nom de *sondes d'exploration*, eu égard à leur grande légèreté qui en permet facilement le transport d'un point à un autre, sont généralement employées dans les recherches de minières et tourbières, de marnes, kaolins, argiles, etc. Elles rendent aussi de grands services pour les études de chemins de fer, de constructions de routes et canaux; pour les drainages; dans les reconnaissances des terrains destinés à recevoir les piles d'un pont, les fondations d'un édifice, etc., etc.

[1] Comme les petites sondes que l'on emploie pour pénétrer jusqu'à une cinquantaine de mètres sont spécialement destinées à être manœuvrées par des personnes étrangères au métier, nous avons cru devoir faire dans leur description des répétitions nombreuses de choses déjà connues, et anticiper même sur ce que nous dirons plus loin. Il nous a semblé qu'il y avait quelque avantage à ce que l'opérateur qui veut se borner à ces petits travaux n'ait, en réalité, qu'à consulter quelques pages, au lieu d'être obligé à de longues recherches qui le rebuteraient.



Leur peu de complication leur donne un prix de revient peu élevé, il en rend surtout l'installation et la manœuvre très-faciles.

SONDE PALISSY.

(FORAGES A 1m.80 DE PROFONDEUR.)

Nous avons donné à notre plus petite sonde agricole le nom du célèbre potier, afin de rappeler que c'est lui qui le premier en a indiqué l'emploi d'une manière ingénieuse pour rechercher la marne.

Cette petite sonde, construite ainsi que l'indique la planche 20, figure 1, se compose d'une tige portant d'un côté une cuiller ou tarière terminée en spire, pour faire pénétrer l'instrument dans le terrain par le mouvement de rotation qu'on lui imprime, et de l'autre un petit ciseau ou trépan propre à broyer, par percussion, un caillou ou un obstacle un peu trop dur pour être foré par la tarière. Une douille D glisse le long de la tige, et se fixe au moyen d'une vis de pression à la hauteur la plus convenable pour la facilité des mouvements de l'opérateur. Elle est traversée à angle droit par un morceau de bois formant manche. La longueur totale de cet outil est de 2 mètres; on peut donc avec son secours pénétrer dans le sol jusqu'à une profondeur de 1m.60 ou 1m.80. On ne doit attaquer avec cet instrument que des terrains meubles, des argiles ou des marnes. Lorsque l'on rencontre accidentellement une pierre, et qu'elle ne peut se déplacer ou se broyer facilement à cause de son volume, on abandonne l'essai, et l'on se reporte à quelques centimètres du point où l'on a rencontré l'obstacle. Voici, au reste, la manière d'arriver le plus promptement à pratiquer ces petites reconnaissances. On commence par ap-

puyer légèrement, avec le pied, la terre végétale sur le point que l'on a choisi, afin de la serrer un peu et de la rendre assez compacte pour éviter que, par son peu de ténacité, elle n'éboule dans le sondage; puis, appliquant la mouche de la sonde sur le sol, on presse un peu en appuyant sur le manche, et en lui imprimant un mouvement de rotation semblable à celui qu'on donne à une vrille ou à une tarière de charpentier. Lorsque la sonde a pénétré à 0m.40 environ, on la soulève en continuant le mouvement de rotation, et on la retire du trou; on examine alors la nature du terrain, souvent collé à la petite mouche ou spire, mais toujours renfermé dans le corps de la tarière; on choisit, à la partie la plus inférieure de l'instrument, l'échantillon qui semble le plus convenable, et on le case avec une étiquette indiquant sa profondeur. Si le sol traversé est un peu trop sec et adhère mal aux parois de l'instrument, il suffit de jeter un peu d'eau dans le forage; on remet la sonde et on renouvelle l'opération, ayant toujours soin de ne pas s'engager de plus de 25 à 30 centimètres, sans se convaincre, par un léger effort ascensionnel, que l'outil est toujours libre et que l'on est maître de le retirer sans trop de difficulté. Cette seconde opération mène le sondage à 0m.80, et l'inspection du terrain dans la tarière permet de continuer la série d'échantillons. Dans un terrain assez compacte, chaque trou de 1m.70 de profondeur n'exige pas plus de 10 minutes de temps. Cette petite sonde, comme on le voit, peut rendre de grands services pour les études du drainage.

Lorsque l'on veut faire des recherches à de plus grandes profondeurs, on doit alors avoir recours à des sondes articulées, désignées par des numéros correspondant à la grosseur de leurs emmanchements à vis; ainsi la plus faible est désignée sous le



n° 6; elle sert à explorer le sol jusqu'à une profondeur de 10 à 15 mètres. Celle n° 5 peut pénétrer à 20 ou 25 mètres, et celle n° 4, jusqu'à 50 mètres et au delà dans des mains habiles et prudentes.

C'est ordinairement à cette profondeur qu'un homme étranger au métier doit s'arrêter, parce qu'au delà il peut survenir des difficultés de manœuvre qui entraîneraient souvent la perte de l'instrument. Nous allons décrire successivement ces trois sondes, leur emploi et la manière de les manœuvrer. Depuis huit ou neuf ans que les administrations des ponts et chaussées, le génie maritime et militaire, les administrations de chemins de fer, les ingénieurs métallurgistes, les constructeurs et les agriculteurs font usage de ces sondes, les explications qui suivent ont parfaitement suffi pour les mettre à même de pratiquer les trous de sonde, dans leurs recherches, sans le secours d'un homme spécial.

SONDE N° 6.

(FORAGES DE 10 A 15 MÈTRES DE PROFONDEUR.)

Cette sonde sert à rechercher des amendements, des tourbes; à reconnaître si les couches du sol sont imperméables, ou si, à une légère profondeur, on peut espérer obtenir des couches soit aquifères, soit absorbantes. Les constructeurs en font encore l'emploi pour reconnaître si le sol, sur lequel ils se proposent de jeter les fondations d'un édifice de quelque importance, est solide, et savoir s'ils n'auraient pas plus d'avantage à descendre de quelques mètres la base des assises de maçonnerie, ou plutôt, comme cela se pratique aujourd'hui, le bétonnage en bloc.

Elle se compose des outils suivants (pl. 20 et 21) :

1° Une S (pl. 20, *fig.* 2);

2° Une tête de sonde (*fig.* 3 ou 4);

3° Une clef de retenue ou griffe (*fig.* 5);

4° Une clef de relevée ou pied de bœuf (*fig.* 6);

5° Une allonge de 1 mètre (*fig.* 7);

6° Une ou plusieurs tiges de sonde de 2 mètres (*fig.* 8);

7° Un trépan acéré ou casse-pierre (*fig.* 9);

8° Une tarière ouverte à talon ou à mouche rubanée (*fig.* 10 et 17);

9° Une soupape à boulet ou à clapet avec ou sans mouche (*fig.* 19, 21 et 18);

10° Un manche de manœuvre à vis de pression (*fig.* 14);

11° Deux tourne-à-gauche (*fig.* 15 et 16);

12° Une poulie à chape (pl. 21, *fig.* 3);

13° Une petite chèvre à trois montants (*fig.* 1, 2 et 3);

14° Caracole (arrache-sonde) (pl. 20, *fig.* 22).

Dans cette énumération, nous avons compris tous les outils indispensables pour manœuvrer, quelles que soient les petites difficultés que l'on peut rencontrer. Lorsque l'on ne veut faire que de petites reconnaissances et à peu de profondeur, on peut supprimer un grand nombre de ces outils.

Si nous supposons qu'un propriétaire veuille faire des recherches à 4 mètres de profondeur seulement, il n'aura qu'à se procurer une tête de sonde à anneau et à œil, une griffe, un tourne-à-gauche, une allonge, une tige de sonde, un trépan et une tarière. Possesseur de ces instruments, il procédera de la manière suivante : Dans un madrier de bois un peu large il fera pratiquer un trou du diamètre convenable pour le passage libre des outils. Ce madrier se pose à plat sur le sol, au point





où l'on veut pratiquer le sondage. Il est probable qu'au sol il rencontrera des terrains meubles. Vissant donc sur la tarière (pl. 20, *fig.* 10) la tête de sonde à œil (*fig.* 4), et passant dans l'œil un bâton ou manche, il aura constitué un instrument assez semblable à la sonde Palissy, et le manœuvrera de la même façon. Lorsque, par la profondeur acquise, le manche sera arrivé assez près de terre pour que la manœuvre devienne incommode, il dévissera la tête de sonde et vissera sur l'outil la petite rallonge de 1 mètre (*fig.* 7); il la couronnera, comme il l'avait fait pour la tarière, par la tête de sonde, et aura ainsi reconstitué son appareil, mais avec 1 mètre de longueur de plus. Pour visser et dévisser les emmanchements, il appuie l'épaulement inférieur de ceux-ci sur la griffe (*fig.* 5), qu'il empêchera de tourner au moyen d'un petit taquet fixé dans le madrier; il dévissera ensuite la partie supérieure de la sonde au moyen du tourne-à-gauche (*fig.* 16). Il sera toujours bon de s'assurer, après être descendu d'une vingtaine de centimètres, que l'instrument ne s'engage pas trop, et de le soulever, à cet effet, légèrement du fond en lui imprimant toujours un petit mouvement de rotation. Cette précaution est surtout nécessaire lorsqu'on se dispense d'une petite chèvre et que tous les efforts de traction pour enlever l'outil se font avec les bras. Si on suppose de nouveau le manche arrivé près du sol, on substituera à l'allonge la tige de 2 mètres (*fig.* 8), en la recouvrant de nouveau de la tête de sonde, ce qui prolongera la sonde de 1 mètre encore; et plus tard, mettant la rallonge de 1 mètre sur la tige, la longueur totale de l'appareil sera de plus de 4 mètres, y compris l'outil et la tête de sonde, et l'on aura foré le sol jusqu'à cette profondeur. S'il arrive que l'on rencontre une roche ou un terrain qui soit d'une

consistance assez dure pour que les outils que l'on fait agir par rotation ne puissent pas y pénétrer, on aura recours au trépan casse-pierre (*fig.* 9) que l'on substituera à la tarière. Le mouvement à imprimer à la sonde sera alors la percussion, c'est-à-dire qu'on l'enlèvera de 25 à 30 centimètres, et qu'on la laissera retomber en l'abandonnant à son propre poids, en ayant toujours soin que, pour chaque chute, l'outil ait une position différente, afin de faire un trou rond avec un outil plat ; il faut généralement pour cela diviser la circonférence en au moins seize parties, si le terrain est dur, de sorte que, chaque fois que la sonde aura exécuté une révolution entière, on ait frappé seize coups dans seize positions différentes. On observera toujours, comme pour la manœuvre de la sonde Palissy, qu'il ne faut jamais pénétrer à plus de 30 ou 40 centimètres sans relever sa sonde. Lorsqu'on sera descendu, avec le trépan casse-pierre, de 30 ou 40 centimètres, on le remontera et on lui substituera de nouveau la tarière, afin d'enlever les détritus de la roche brisée.

Une petite sonde pouvant pénétrer à 4 mètres de profondeur pèse environ 35 à 40 kilogrammes ; elle est donc facile à transporter par un homme, qui à lui seul la manœuvrera et creusera par jour, si le terrain ne renferme pas de roche, quatre ou cinq trous, et même plus. Si une partie du terrain est de roche, le temps ne peut plus être apprécié, parce qu'il varie beaucoup suivant la dureté et l'épaisseur des bancs à traverser.

Lorsque l'on veut pousser l'exploration à une profondeur plus grande, il devient nécessaire d'employer, pour la facilité des manœuvres, une petite chèvre à trois pieds.

Si le sondage ne doit atteindre qu'une profondeur de 8 à 15 mètres, cette petite chèvre peut se former simplement de







trois morceaux de bois de 3 mètres à 3m.50 de longueur, que l'on réunit ensemble, ainsi qu'il est indiqué (pl. 21, *fig.* 1, 2 et 3). On peut encore, pour plus de simplicité, réunir les trois montants au moyen d'un cordage auquel on suspend en même temps la poulie. La grosseur des bois équarris ou ronds, à volonté, n'a besoin d'être que de 0m.10. Deux hommes deviennent alors nécessaires; l'un maintient la sonde verticale en tirant une corde attachée à la tête de sonde, passant sur la poulie, et qu'il rend à mesure de l'enfoncement; l'autre se tient au manche pour imprimer à la sonde son mouvement de rotation, si les terrains sont de nature à permettre l'emploi de ce moyen. Si les terrains sont durs et nécessitent l'emploi du trépan, l'homme qui tient la corde opère, en tirant sur elle, un mouvement de percussion en élevant et laissant retomber la sonde, tandis que l'homme qui est au manche, fixé sur celle-ci, lui imprime la direction nécessaire pour obtenir un trou rond et régulier, ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut.

La sonde étant à vis, il arrive quelquefois, si l'ouvrier n'y prête attention, que le mouvement de trépidation qu'elle éprouve pendant le battage provoque le dévissage; mais s'il a le soin, tous les deux ou trois coups, et lorsque l'outil repose encore au fond, d'appuyer un peu sur son manche dans le sens du vissage, il évitera toujours cet accident; et d'ailleurs ce petit mouvement de pression de l'outil percuteur sur les parois du fond a encore l'avantage de régulariser le trou de sonde en abattant les petites aspérités qu'aurait laissées le battage.

Comme à cette profondeur on doit déjà chercher à rendre les manœuvres plus promptes, nous remplaçons la tête de sonde à œil par une tête de sonde ordinaire (*fig.* 3), et nous nous servons d'un manche à vis (*fig.* 14), qui a l'avantage de pou-

voir se fixer sur la sonde à une hauteur quelconque, avantage impossible avec le manche en bois passé dans l'œil de la tête de sonde. On ne fait plus, du reste, guère usage aujourd'hui de la tête de sonde à œil, et l'on trouve plus d'avantage à se munir de suite d'un manche, même pour une sonde de 4 à 5 mètres. Lorsque la sonde n'avait qu'une longueur de 4 mètres, on pouvait facilement l'enlever tout d'une pièce sans opérer de dévissage; mais à une plus grande profondeur cela devient impraticable. Il faut donc être outillé de manière à opérer commodément le vissage pour la descente, et le dévissage pour la remonte. Pour cela, les tiges portent à l'emmanchement mâle deux épaulements l'un au-dessus de l'autre : l'épaulement inférieur sert à reposer la tige sur la griffe ou clef de retenue, pendant que l'on visse ou que l'on dévisse la tige supérieure, suivant qu'on descend ou qu'on remonte la sonde; l'épaulement supérieur sert d'arrêt pour prendre la tige avec le pied de bœuf ou clef de relevée, afin de l'enlever ou de la laisser descendre dans le forage. Cette opération a lieu successivement pour chaque tige. La clef de relevée se ferme au moyen d'un crochet qu'il faut toujours maintenir baissé, afin d'éviter les chutes de tiges qu'une secousse un peu forte pourrait amener.

A 6 ou 7 mètres de profondeur, il arrive quelquefois que le forage contient une assez grande hauteur d'eau, ce qui en rend souvent le nettoyage difficile par suite du lavage qu'elle opère sur les terrains contenus dans la tarière, ouverte, comme on le sait, longitudinalement. Pour cette opération on a recours alors à un instrument nommé soupape (pl. 20, *fig.* 18); c'est un tuyau fermé à sa partie inférieure par un clapet qui s'ouvre de bas en haut. Lorsque l'on descend cet instrument,

son clapet se soulève et laisse passer au-dessus de lui l'eau, la boue, ou les détritus des roches, dès qu'il les rencontre. Lorsque l'on soulève la sonde, ces matières, par leur poids, se reposant sur le clapet, le ferment et restent dans le corps du tuyau. Pour provoquer cette introduction, on exécute quelques mouvements de percussion comme avec le casse-pierre, surtout lorsque l'on reconnaît que le terrain s'est tassé, ce qui arrive souvent quand il est marneux.

Si les boues ont une tendance à être compactes, on garnit la partie inférieure de la soupape, au-dessous du clapet, d'une mouche qui, par sa disposition, pénètre dans les terrains, comme la tarière, par un mouvement de rotation (pl. 20, *fig.* 21).

Si, au contraire, les terrains rencontrés sont des sables, on les prend au moyen d'une soupape terminée par un boulet et une lame propre à les désagréger (*fig.* 19); elle se manœuvre de la même manière que le trépan ou casse-pierre. A chaque chute de l'outil, les sables désagrégés par la lame s'élèvent au-dessus du boulet, qui retombe dans son coquetier et les retient dans l'intérieur du tuyau. Ces instruments, arrivés au jour, se vident en les renversant et en leur imprimant quelques secousses pour détasser le sable qui s'écoulera par la partie supérieure.

Comme on le voit par ce qui précède, la manœuvre d'une sonde à 10 mètres de profondeur est bien simple et n'exige qu'un peu de prudence et d'attention. Nous reportons au paragraphe suivant, sur la sonde n° 5 destinée à des forages de 20 mètres, les explications nécessaires pour surmonter les quelques petits obstacles qui pourraient se présenter dans un forage de 10 mètres, mais qui deviennent beaucoup moins rares dans un de 20 mètres.

Nous donnerons aussi, à la fin des descriptions de l'emploi des sondes, l'usage des instruments dits arrache-sondes, en cas de ruptures.

SONDE N° 5.

(FORAGES DE 20 A 25 MÈTRES DE PROFONDEUR.)

Pour l'usage de la sonde n° 6, nous avons vu qu'arrivé à une profondeur de 4 mètres il devenait indispensable d'avoir recours à une petite chèvre d'une construction très-simple.

La sonde n° 5, étant destinée à pénétrer jusqu'à 20 mètres et quelquefois plus loin, exige, pour une manœuvre régulière et commode, une petite chèvre munie d'une poulie et d'un moulinet ou tambour à manivelle, ainsi que le représente la figure 4, planche 21.

Nous pensons que les quelques pages qui précèdent ont déjà suffisamment familiarisé l'opérateur avec les manœuvres d'une sonde; nous ne reviendrons donc pas sur les faits déjà expliqués. Ils s'accomplissent toujours de la même manière, si ce n'est le secours du tambour de la petite chèvre qui vient en faciliter la marche. En effet, on a vu qu'au moyen des trois petits montants, l'effort des hommes pour monter, descendre la sonde, ou lui communiquer son mouvement de percussion, s'applique directement à l'extrémité de la corde. Au moyen du tambour avec ses manivelles, l'effort se trouve être à la résistance dans le rapport du rayon du tambour à celui de la manivelle, il en résulte que si le tambour a 0m.10 de rayon et les manivelles 0m.40, l'effort sera quatre fois moindre que si l'on agissait directement sur la corde. On voit donc qu'avec cette addition on aura rendu tout aussi facile la manœuvre d'un instru-



ment beaucoup plus lourd et sans augmenter en proportion le nombre des hommes, puisqu'il ne faudra, au maximum, que trois hommes pour atteindre une profondeur de 20 à 25 mètres.

Lorsqu'au moyen du tambour on voudra imprimer à la sonde un mouvement de battage, on retirera la corde de la position qu'elle occupait pour le retrait et la descente des tiges, et que nous n'avons pas cru devoir décrire, parce qu'elle est tellement vulgaire que son emploi journalier sur tous les puits est connu de tout le monde. Une fois retirée, on l'enroulera sur le tambour de manière à ce qu'elle y fasse un, deux ou trois tours seulement, et à ce que l'extrémité opposée à celle qui est liée à la sonde, au lieu d'être enroulée sur le tambour, soit libre et qu'un homme puisse opérer dessus un effort de traction. On comprendra facilement que cette corde fixée à la tête de sonde, passant sur la poulie et enroulée de deux tours sur le tambour, si elle s'y trouve serrée par la traction que l'homme opère dessus, y fera suffisamment frein pour pouvoir s'enrouler sans se dévider, pendant qu'un autre homme tournera les manivelles dans le sens voulu pour élever la sonde. Mais si, au moment où la sonde sera suffisamment soulevée, l'homme qui opérait la traction la cesse immédiatement, et qu'au contraire, rendant sa corde, il en facilite le glissement sur le tambour, il en résultera une chute de la sonde. Alors il recommencera son effort de traction sur la corde; l'homme placé à la manivelle réenlèvera la sonde, celui qui se trouve au manche changera la direction du trépan, et comme c'est toujours ce dernier qui est le chef ouvrier, c'est lui qui, par le mot *lâchez*, ordonnera à celui qui tient la corde

de cesser son effort, et par là d'amener la chute de l'outil percuteur.

Dans de grands sondages, on emploie nécessairement d'autres moyens que celui que nous venons d'indiquer, tels que cames, débrayages, etc. Cependant ce procédé est très-bon et quelquefois employé jusqu'à une profondeur de 50 à 60 mètres. Plus loin, la difficulté de retenir la sonde assez fortement, même au moyen de plusieurs tours de corde, surtout lorsqu'elle est lourde, rend cette manœuvre presque impossible.

Dans certains cas, il arrive qu'un sondage de 25 mètres ne puisse atteindre cette profondeur sans un tubage nécessité par la nature du terrain, qui peut être sableux, ou peu homogène et éboulant, ou quelquefois d'une consistance trop molle et se resserrant de manière à retenir prisonniers les outils qui ont pénétré à une profondeur inférieure. Alors, il devient nécessaire d'avoir des outils de deux diamètres, les uns pouvant ouvrir un trou assez large pour recevoir des tubes et les autres pouvant travailler dans leur intérieur; les manœuvres avec chaque diamètre d'outils restent les mêmes. Nous indiquerons, au chapitre *Tubages*, la manière de joindre les tubes entre eux et de les descendre. Cette opération est quelquefois assez difficile, parce qu'il est souvent nécessaire de faire descendre les tubes en dégageant leur base.

SONDE N° 4.

(FORAGES DE 40 A 50 MÈTRES DE PROFONDEUR.)

Cette sonde ne diffère des précédentes que par ses dimensions, qui sont plus fortes, la profondeur qu'elle doit atteindre



étant plus grande, et la nature des terrains qu'elle peut être appelée à traverser pouvant présenter des difficultés nécessitant une ou même plusieurs séries de tubages. Or les outils, en raison de leur diamètre, surtout lorsque ce sont des instruments qui travaillent par le mouvement de rotation qu'on leur imprime, nécessitent des efforts de torsion beaucoup plus considérables et partant exigent une force suffisante. Les outils percuteurs peuvent, dans des mains habiles, être manœuvrés avec des tiges faibles; cependant, lorsqu'ils atteignent une assez grande profondeur, il est toujours bon d'avoir un excès de force pour pouvoir surmonter quelques petites difficultés amenées par le pinçage des outils dans le sol, ou par la chute d'un débris du terrain, qui, venant faire coin avec l'instrument fonctionnant au fond du trou de sonde, le rend prisonnier.

Ce que nous appelons pinçage des outils est ordinairement amené par un changement dans leur diamètre. On comprend facilement que si un trépan, par exemple, travaille dans un terrain comme le grès, il s'use et perd quelques millimètres sur sa largeur; le trou, au lieu d'être cylindrique, devient donc légèrement conique; et si, sans précaution, après avoir réparé cet outil, et l'avoir remis au diamètre primitif, on le redescend dans le forage, il est certain qu'en raison de son poids et de celui des tiges qui le surmontent, il devra se serrer dans la partie conique, et qu'on éprouvera une certaine résistance pour le dégager. Dans cette circonstance, on sera très-heureux d'avoir assez de force dans sa sonde pour combiner les efforts de traction avec ceux de torsion. Un sondeur expérimenté se méfie toujours de cet effet, et a le soin de ne descendre un nouvel outil qu'en lui imprimant un

mouvement de rotation, dès qu'il arrive à la partie qui vient d'être forée par l'outil précédent, de manière à équarrir le dernier travail fait, jusqu'à ce que ce nouvel outil tourne librement au fond.

Quelquefois ce sont les terrains eux-mêmes qui, par leur nature peu compacte, tels que des sables argileux, des argiles dures ou des marnes argileuses, se gonflent après leur contact avec l'eau du forage, et rétrécissent, en certains points, le diamètre du trou de sonde.

Lorsqu'un instrument est devenu prisonnier par un obstacle qui est tombé dessus et l'a en quelque sorte calé, le premier moyen à employer est de tâcher de soulever sa sonde, et de le faire passer sous l'outil afin de le broyer. Si cela ne se peut, on opère quelques efforts de traction qui le brisent entre l'instrument et les parois du trou s'ils sont durs, ou, s'ils sont mous, lui permettent de s'y loger.

Pour ces différentes causes, on comprendra facilement qu'avec des outils plus lourds il faudra aussi une chèvre plus forte pour les manœuvrer et un homme de plus.

On donne ordinairement à ces chèvres une hauteur de 5 mètres; le bois des montants, surtout si c'est du sapin, devra présenter une section de 0m.15 de côté. Cette augmentation de hauteur a pour principal but de permettre de donner aux tiges une longueur plus grande, 3m.50 à 4 mètres, afin de diminuer le nombre des emmanchements, toujours coûteux, et de gagner du temps par la suppression d'une partie du vissage et du dévissage que nécessitent des emmanchements plus rapprochés.

Le tambour porte à une de ses extrémités une roue d'engrenage avec une poulie de frein (pl. 21, fig. 5). Les mani-



velles sont adaptées sur un axe qui porte un pignon, engrenant avec la roue, et dans le rapport de 1 à 6 avec celle-ci; à côté se trouve un rochet qui reçoit un cliquet, afin de maintenir la sonde suspendue dans le trou lorsque le travail l'exige. Cet axe doit couler facilement dans ses coussinets, de manière à permettre au pignon de se dégrener d'avec la roue, et être maintenu dans cette position par une main qui tombe entre deux portées et le fixe d'une manière invariable.

En lisant les quelques pages qui précèdent, on a déjà dû s'identifier avec les manœuvres que nécessitent les instruments pour se réunir ensemble. Nous n'y revenons donc que pour rendre plus facile, plus claire peut-être et plus complète, la manière d'opérer. Jusqu'ici, le peu d'importance de durée des travaux nous a fait négliger de nous étendre sur quelques petites précautions qui deviennent nécessaires lorsque l'on se propose de poursuivre un sondage à une certaine profondeur. La chèvre étant montée, la corde fixée au tambour et son extrémité garnie d'une esse, on regardera le point où l'aplomb tombe directement, et on creusera une petite excavation de 1 mètre carré. Dans cette excavation, on placera à la main, en le faisant pénétrer le plus possible dans le sol du fond, un tube appelé *guide* et de 1 mètre de long environ, que l'on maintiendra vertical, en le prenant, par sa partie supérieure, entre deux madriers évidés chacun suivant une demi-circonférence du diamètre extérieur du tuyau; on vérifiera si la corde portant l'esse, qui doit servir de point de suspension, tombe bien dans l'axe de ce guide. Cela fait, on garnira les côtés des madriers par des planches qui constitueront un plancher assez régulier, sur lequel l'ouvrier sondeur pourra marcher facilement. Les madriers doivent avoir 8 à 10 centimètres d'épaisseur et être soutenus en

dessous par des pièces de bois, afin de pouvoir supporter facilement tout le poids des tiges. On fait ensuite un couvercle qui recouvre le tube, et qui est formé de deux morceaux de bois appelés *plats-bords*, reliés entre eux par deux crochets qui permettent de les séparer au besoin ; au centre de ce couvercle, une entaille, mi-partie dans l'un et mi-partie dans l'autre des morceaux, laisse un passage aux emmanchements des tiges. On maintient les plats-bords sur les deux madriers par un petit encadrement cloué sur ceux-ci; en les sortant de ce cadre, on pourra donner aux deux parties l'écartement nécessaire à l'entrée et à la sortie des outils. L'un d'eux portera en outre une broche en fer pour servir d'arrêt à la griffe pendant le vissage et le dévissage des tiges.

Si le terrain dans lequel se trouve le guide est de nature à être entamé par la tarière, on la prendra par l'épaulement supérieur de son emmanchement, au moyen de la clef de relevée ou pied de bœuf; on l'élèvera ainsi à environ 0m.30 du sol; écartant alors les plats-bords, on la fera descendre, en lâchant au treuil, dans le tuyau-guide. Aussitôt que la partie travaillante de cet outil sera entrée dans le tuyau, on remettra le couvercle en place, et on laissera descendre la partie qui forme la tige de l'outil jusqu'au moment où l'épaulement inférieur sera à une hauteur convenable pour que, glissant dessous la griffe ou clef de retenue, on puisse le reposer dessus. Lorsque l'outil est ainsi retenu sur la griffe, on ouvre le crochet de la clef de relevée et on lui fait abandonner ce premier instrument pour lui adjoindre une première tige. On aura soin de ménager dans l'intérieur de la chèvre une traverse sur laquelle on puisse appuyer l'extrémité supérieure des tiges pendant que leur partie inférieure reposera sur le plancher,

en un point assez éloigné du trou de sonde, pour qu'elle ne puisse pas gêner la manœuvre; une échelle et une planche solidement fixée en travers de la chèvre permettront à un homme d'y monter et de se porter à une hauteur convenable pour prendre les tiges successivement. Cet homme s'appelle un *accrocheur* ou *décrocheur*, suivant que ses fonctions ont lieu à la descente ou à la remonte des tiges. L'homme qui se tient près du trou de sonde est le chef sondeur proprement dit; c'est lui qui visse et qui dévisse les tiges et manœuvre les instruments pendant le battage; quelquefois il abandonne cette place pour se mettre au frein du tambour, poste tout aussi essentiel, pendant la descente ou le retrait des tiges. L'homme qui est au frein s'appelle chef de frein. Les hommes qui tournent les manivelles sont des ouvriers manœuvres.

Nous avons laissé la tarière reposant sur la griffe, la clef de relevée l'ayant quittée et prête à être enlevée par l'homme qui se trouve à la manivelle du treuil, jusqu'au moment où, étant parvenue à hauteur, l'accrocheur la saisit d'une main, tandis que de l'autre il fait entrer une tige dans l'ouverture destinée à la recevoir. Il crie alors au manœuvre : *Enlevez!* Celui-ci, au moyen de un ou deux tours de manivelle, élève la tige jusqu'à ce que son emmanchement inférieur ou femelle soit arrivé à quelques centimètres plus haut que le mâle de l'outil; le chef sondeur, ayant son tourne-à-gauche en main, prend la tige au-dessus de la femelle et la dirige de façon à coiffer le mâle, puis opère le vissage. Cette opération terminée, le sondeur crie à son tour : *Enlevez!* On fait faire un quart ou un demi-tour à la manivelle pour soulever le tout de quelques centimètres seulement, et permettre au sondeur de retirer la griffe. Le chef de frein appuie alors, au moyen d'un levier, son

frein sur la poulie qui se trouve sur le tambour, ainsi que nous l'avons déjà dit; il exerce une pression suffisante pour que tout reste suspendu, pendant que l'homme qui est à la manivelle fait glisser l'axe du pignon de manière à dégrener celui-ci d'avec la roue. Le chef de frein, cessant doucement la pression sur son levier, laisse alors la tige descendre en vertu de sa pesanteur qui sollicite le tambour à se dévider. Lorsqu'il voit l'emmanchement supérieur de la tige arriver à 50 ou 60 centimètres au-dessus du collier, il exerce de nouveau une pression légère sur son frein, de façon à laisser la tige descendre assez lentement pour que le chef sondeur puisse amener la griffe sous l'épaulement, comme il l'avait fait pour l'outil; on défait la clef de relevée d'après la tige; le manœuvre réengrène son pignon et enlève de nouveau cette clef jusqu'à ce que l'accrocheur la saisisse, comme précédemment, et ainsi de suite tant qu'il reste des barres à ajouter les unes aux autres pour atteindre la profondeur à laquelle le trou de sonde est parvenu. L'outil reposant au fond du sondage, le chef sondeur place son manche, si l'outil doit forer par la rotation, un peu au-dessus du point convenable pour travailler facilement, parce que peu de temps suffira pour que ce point soit atteint et même dépassé. La sonde, pendant qu'on lui imprime le mouvement de rotation, doit toujours être tendue et n'être abandonnée à son poids que dans une certaine mesure. Si l'effort exercé par deux hommes, ou trois au maximum, ne suffit pas pour faire tourner l'instrument, on remonte d'une certaine quantité pour que ceux-ci tournent sans trop de difficultés. Ce résultat obtenu, on pose le cliquet sur le rochet de manière à suspendre la sonde en ce point. Lorsque l'outil fonctionne librement et que l'on sent qu'il n'attaque plus le ter-



rain, on soulève le cliquet du rochet et on laisse passer une, deux ou trois dents de ce dernier, ou enfin une quantité que l'on apprécie être suffisante par l'effort que les hommes font pour tourner.

Quand l'instrument a pénétré de 40 à 50 centimètres, on tourne sans descendre de nouveau pendant une vingtaine de tours, pour être parfaitement sûr que l'outil n'est pas engagé dans les terrains; puis on enlève au treuil jusqu'à ce qu'un emmanchement soit suffisamment élevé au-dessus du couvercle, pour que l'on puisse glisser la griffe et tenir suspendue la partie inférieure de la sonde, pendant que le chef sondeur, armé de son tourne-à-gauche, opère le dévissage de la partie supérieure. Il arrive quelquefois que les efforts de torsion opérés sur la sonde aient serré les emmanchements assez fort; un homme saisit alors la tige avec le grand tourne-à-gauche, et après quelques efforts opérés par secousses, il est très-rare qu'il ne parvienne à la dévisser un peu; le chef sondeur, une fois l'emmanchement légèrement desserré, continue l'entier dévissage avec le petit tourne-à-gauche. Aussitôt que le filet est dégagé, l'ouvrier qui se trouve au treuil agit de manière à décoiffer le mâle en enlevant la tige supérieure, que l'on fait reposer au point où on veut la placer, pendant que le décrocheur ouvre le crochet de la clef de relevée, dégage la tige et l'appuie contre la traverse du haut.

La clef de relevée est redescendue à vide, pour reprendre une autre tige qui est remontée et décrochée comme la précédente. On continue de la même manière jusqu'à ce que ce soit l'outil qui ait son emmanchement reposé sur la griffe; on le prend alors avec le pied de bœuf comme on l'eût fait pour une tige; on retire la griffe et on ouvre le couvercle pour le laisser sortir.

On examine la nature des terrains, s'il en rapporte; dans le cas où ceux-ci seraient de nature à ne pas y adhérer, on descend une soupape afin d'opérer le nettoyage. On ne doit jamais redescendre dans un forage un outil destiné à approfondir, sans être parfaitement sûr que le trou est propre jusque sur le nouveau terrain à attaquer.

Nous avons vu l'emploi et la manœuvre des outils rodeurs dans la description de la sonde n° 5, et il a déjà été question du système à employer pour traverser les roches et les terrains trop durs à l'aide du trépan casse-pierre. Avec le petit treuil monté sur la chèvre, on peut employer le système, décrit précédemment, de battage avec la corde, enroulée une ou deux fois autour du tambour, et qu'un homme y serre ou y laisse glisser, selon qu'il veut soulever la sonde ou la laisser retomber, ou bien à l'aide du frein, comme nous allons l'expliquer. Supposons l'outil percuteur arrivé au fond du forage, on remplacera alors la clef de relevée par la tête de sonde, parce que, pendant le battage, le premier de ces instruments, en glissant le long de la tige à chaque chute de l'outil, et remontant chaque fois que l'on voudrait de nouveau soulever la sonde, frapperait sous l'épaulement, abîmerait la tige, qu'il prendrait même quelquefois de travers; de plus il pourrait se décrocher par les chocs; la tête de sonde, au contraire, étant vissée comme la sonde, est beaucoup plus convenable pour cette opération. Le chef sondeur fixera son manche à une hauteur convenable, et le tiendra dans la direction qu'il veut imprimer à la chute; l'homme qui est au treuil enlèvera la sonde jusqu'à ce que le chef sondeur lui dise: *halte!* à ce mot, l'homme qui est au frein appuiera dessus de manière à tenir la sonde suspendue pendant que celui qui est aux manivelles, enlevant la main d'embrayage, fera glisser le pignon

pour le dégrener; le chef de frein, cessant la pression, laissera retomber la sonde; dès qu'elle aura atteint le fond, il appuiera de nouveau sur son frein, afin d'éviter que dans le mouvement de dévidage qu'entraîne la chute il ne se déroule une trop grande quantité de corde, que l'on perdrait du temps à enrouler. L'homme qui est à la manivelle engrène le pignon et remonte la sonde pour une seconde chute. Cette méthode de battage est surtout excellente lorsqu'il s'agit de maîtriser la chute de l'outil, ou que l'on veut abattre une partie saillante laissée dans les parois du forage.

TUBAGES POUR TRAVAUX D'EXPLORATION.

Dans le chapitre tubes et tubages que nous donnons plus loin, nous entrerons dans de grands détails sur les opérations qui président, soit à la confection des tubes, soit à leur emploi. Pour les raisons précédemment exposées, nous allons donner ici quelques descriptions sommaires qui ont leur application directe pour les petits travaux d'exploration.

Il arrive souvent, ainsi que nous l'avons déjà dit, que les sondages rencontrent des alternances de terrains compactes se tenant bien, tels que calcaires, marnes dures, etc., et de terrains éboulants ou se resserrant, tels que des sables, des argiles ou des roches désagrégées. Dans ce second cas, on doit avoir recours à des tubages qui masquent les parties peu solides ou qui aident à les traverser.

Pour arriver à ce résultat, on emploie généralement aujourd'hui des tubes en tôle, que l'on désigne aussi sous les noms de tuyaux et de colonnes (pl. 21, *fig.* 6), et auxquels, suivant leur diamètre, on donne une épaisseur de tôle suffisante qui varie de 0^{m}.0015 à 0^{m}.003. Ils se réunissent au moyen de

boulons (*fig.* 7) ou de rivets (*fig.* 8). Leur jonction est faite de telle façon que les tôles qui les constituent reposent exactement l'une sur l'autre et soient maintenues par une frette de jonction fixée sur l'un des bouts par moitié, de manière à laisser place au bout qui vient s'y joindre exactement. On comprend quelle importance on doit attacher à une bonne confection, et à l'excellente qualité du fer employé dans la construction de ces tubes; car leur enfoncement n'ayant souvent lieu que par le choc du mouton, il résulte, s'ils ne sont parfaitement joints et rivés, qu'ils se désarticulent, se dérivent et se cassent si le fer est aigre, ce qui se voit souvent lorsque les tôles ne sont pas commandées spécialement en fabrique pour cet objet. Quand de semblables accidents arrivent, ils sont presque toujours irréparables; on ne saurait donc trop prémunir les personnes qui peuvent faire usage des instruments de sondage contre une économie toujours mal placée. Un sondeur expérimenté ne construira ses instruments qu'avec des matériaux de première qualité, dût-il les payer le double de leur valeur; il sera toujours certain, s'il évite seulement une rupture, de faire une économie, car il sait ce que coûtent généralement les accidents de cette nature : aussi s'occupe-t-il toujours peu du prix de revient de ses outils, s'ils lui semblent réunir toutes les chances de solidité.

Quelquefois le sol qu'on se propose de traverser présente, dès sa surface, une couche de sable ou de remblais qui, ayant une certaine puissance, ne peuvent être passés qu'à l'aide de tuyaux, surtout lorsqu'ils contiennent de l'eau. Le sondeur devra donc atteindre une profondeur aussi grande que possible avec sa sonde, sans cependant s'engager trop profondément si les terrains étaient de nature à menacer de s'ébouler



sur l'instrument; puis il descend un bout de tube dans le forage jusqu'au point où celui-ci s'arrête seul, si la profondeur atteinte est moins grande que sa longueur. Il devra aussi se précautionner d'un collier fait de deux pièces de bois évidées chacune au milieu, suivant un demi-cercle du diamètre extérieur du tube, serrées ensemble avec deux boulons, et qu'il fixera au-dessous de la frette, qui doit toujours, à cet effet, occuper l'extrémité supérieure du tuyau. Si le tube doit traverser des terrains assez résistants pour détériorer sa base, on garnit celle-ci d'une bonne frette, soit en acier, soit en fer; cette mesure de précaution devrait même être toujours employée; cette frette est affûtée de manière à présenter un tranchant qui, coupant le terrain, lui donne plus de facilité pour y pénétrer. D'un autre côté, on comprendra encore que, chaque fois que l'on remonte la sonde, la partie supérieure des outils peut rencontrer la base de la colonne, y donner un choc qui, souvent répété, la déchirera si elle n'est pas assez forte.

Lorsque le collier fixé sur le bout de tube est parvenu aussi bas que possible, soit qu'on l'ait pu descendre sans entraves, soit par un travail exécuté à l'intérieur de la colonne, on ajoute un nouveau bout sur ce premier, en le posant dans la moitié libre de la frette, et en ayant soin qu'il soit parfaitement vertical, ce que l'on obtient en le dressant sur les quatre côtés au moyen d'un fil à plomb. Il est bien évident que les trous qui doivent servir à passer les boulons ou les rivets de jonction auront été placés, autant que possible, vis-à-vis les uns des autres. S'il existait quelque irrégularité entre eux, on y remédierait au moyen d'un petit équarrisseur en acier que l'on passerait dans les trous.

Si l'on veut réunir les tuyaux au moyen de boulons, on

descend successivement chacun d'eux dans le tube, au moyen d'une ficelle passée dans un petit trou à leur extrémité, et qui le suspend à l'intérieur, un peu plus bas que les trous de jonction; puis, par l'un de ceux-ci, on introduit un petit crochet de fil de fer avec lequel, saisissant la ficelle de suspension, on l'attire au dehors comme il est indiqué *fig.* 6. On coupe cette ficelle en en laissant quelques centimètres après le boulon; le restant est remonté à l'intérieur de la colonne pour la descente des autres boulons. En tirant le petit bout de ficelle qui tient au boulon, la tête de celui-ci s'applique contre la paroi intérieure du tube, tandis que la partie taraudée se présente à l'extérieur; on met alors l'écrou, que l'on serre aussi fortement que possible au moyen d'une petite clef, en maintenant le boulon fixe avec des tenailles; puis avec une petite scie à métaux ou une lime demi-ronde, on coupe toute la partie du boulon qui dépasse l'écrou, afin d'avoir le moins de saillie possible; on recommence cette opération jusqu'à ce que tous les trous de jonction soient munis de leur boulon.

Les deux bouts de tube étant réunis, l'extrémité supérieure de cette colonne sera saisie avec un cordage (pl. 21, *fig.* 26); on la soulèvera légèrement au moyen du treuil, pour que l'on puisse facilement desserrer et enlever le collier fixé sur la partie précédente; puis on laissera descendre les tubes ainsi joints, jusqu'à ce que l'extrémité supérieure soit arrivée à une distance du sol convenable pour y placer le collier, et ajouter un nouveau tube aux précédents, à moins qu'ils ne touchent le fond du sondage.

Si les tubes rendus au fond du sondage reposent sur un terrain solide, l'opération est terminée; si, au contraire, ils doivent continuer à descendre à travers une couche qu'il est

nécessaire de maintenir, après avoir remis le collier à quelques décimètres au-dessus du point sur lequel il peut s'appuyer, on défait le cordage par lequel la colonne était suspendue, et l'on introduit la sonde dans le forage, afin de continuer l'approfondissement. Lorsqu'on est descendu, avec le trépan ou la tarière, de 50 ou 60 centimètres au-dessous de la base de la colonne, on frappe sur celle-ci à l'aide d'un mouton en bois garni de frettes en fer (*fig.* 9), de manière à la faire descendre à travers le nouveau terrain foré. Ce mouton est quelquefois percé, au centre, d'un trou du diamètre des emmanchements des tiges, ce qui permet de le faire fonctionner, la sonde étant dans les tubes. On continuera ainsi jusqu'à ce que le tube supérieur soit arrivé assez bas pour que l'on puisse y adjoindre un nouveau bout, si le travail l'exige.

Il est bien entendu que, dans le cas où les tubages sont nécessaires, on doit se ménager, au-dessous du plancher de manœuvre, une excavation telle, qu'un bout de tube puisse être ajouté à ceux qui lui sont inférieurs, sans que la quantité dont il dépasse le plancher paralyse les mouvements de la sonde; si cette excavation ne peut être faite, on se sert de tubes de petite longueur, ou bien on établit, entre les montants de la chèvre, un second plancher de manœuvre.

Nous avons vu comment on réunit les tubes entre eux au moyen de boulons; mais quelquefois on préfère river les tubes, afin d'avoir extérieurement les saillies les plus faibles possibles. Le rivet est descendu et mis en place comme le boulon, puis on introduit dans le tube la tarière ouverte, en lui faisant présenter le dos à la tête du rivet; on glisse ensuite entre elle et cette tête un coin en fer fixé à l'extrémité d'une tringle, sur

laquelle on frappe pour produire un serrage de la tête du rivet contre le tube, et pendant ce temps on coupe avec une tranche ou un burin l'autre extrémité du rivet presque à ras du trou; la petite saillie qui reste suffit pour faire, à l'aide d'un marteau, une rivure dite en goutte de suif. Nous conseillons, pour servir de point d'appui à la tête du rivet, l'emploi de la tarière et d'un coin fixé au bout d'une tringle, quoique ce ne soit pas l'instrument ordinairement employé à cet effet, mais parce que dans de petits travaux ce moyen est suffisant et qu'il économise l'acquisition d'un outil riveur.

Quelquefois il arrive qu'après avoir traversé, un peu au-dessous d'un tubage, une couche de terrain solide, on retombe dans une autre couche coulante ou déliquescente; recourir presque immédiatement à un second tubage serait coûteux : pour l'éviter, on fait usage d'outils élargisseurs au moyen desquels on fait descendre les tubes jusqu'à cette autre couche. Ces cas sont rares; et quand ils se présentent, il devient plus prudent de se procurer l'aide d'un sondeur expérimenté, de semblables travaux étant trop difficultueux pour qu'un homme, même intelligent, mais sans pratique, puisse les entreprendre d'une manière fructueuse.

OUTILS ARRACHE-SONDE.

Dans de grands sondages, on emploie une série d'outils arrache-sonde, variant à l'infini de forme et de disposition. Mais les deux le plus fréquemment utilisés sont la cloche à vis et la caracole.

Si une tige est cassée dans un trou assez cylindrique et que l'on suppose que la partie rompue soit restée dans une



position à peu près verticale, il suffit d'ajouter la cloche à vis (pl. 20, *fig.* 20) à la partie retirée de la sonde.

Cette cloche est taraudée à l'intérieur suivant un tronc de cône, dont la base est plus large que l'emmanchement des tiges et le sommet plus petit que le corps de la tige; elle est trempée de façon à être assez dure pour que ses filets puissent s'imprimer, par un mouvement de rotation, sur la tige rompue qu'elle a coiffée. Il suffit de former deux ou trois traces de filet pour pouvoir remonter la partie restée dans le trou. Si le diamètre du sondage est beaucoup plus grand que celui de la cloche, il devient nécessaire de la garnir d'un entonnoir suffisamment grand pour que l'outil étant descendu, il ne puisse facilement passer à côté de la tige rompue, mais bien la coiffer et la forcer de pénétrer dans la cloche. Cet entonnoir est ordinairement en tôle, et coupé obliquement pour faciliter le déplacement de la tige cassée, si elle est appliquée contre les parois du forage.

Le caracole (*fig.* 21) a pour but de prendre la tige sous un épaulement qui, par le mouvement de rotation qu'on imprime à cet instrument, est amené par le bec de l'outil dans le crochet, et s'y assoit lorsqu'on soulève la sonde brisée. Cet outil, très-commode, parce qu'il permet de se déprendre au besoin, a, par cela même, l'inconvénient de laisser échapper quelquefois l'objet pris. Un de ses grands avantages est de pouvoir passer à côté d'une tige rompue dont la partie supérieure s'est inclinée dans une excavation, ce qui rendrait impossible son retrait au moyen de la cloche à vis, elle va l'accrocher plus bas et la ramène au centre du trou. Si la tige cassée ne présente pas au-dessus de l'emmanchement une trop grande longueur, la caracole ira la reprendre en dessous de l'épaule-

ment et retirera la partie laissée dans le trou; mais dans le cas contraire, il arriverait que toute cette partie supérieure s'opposerait peut-être au retrait, en s'accrochant sous toutes les assises qui feraient la plus légère saillie, et même sous la base des tubes. Dans cette circonstance, après avoir redressé la tige et l'avoir ramenée dans l'axe du sondage, avec le secours de la caracole, on substituerait la cloche à vis à celle-ci.

Dans une grande partie de nos sondages, ces deux instruments sont seuls employés et suffisent parfaitement à tous les besoins. Les autres outils ne trouvent leur emploi que dans des cas exceptionnels qui se présentent bien rarement dans des sondages de 50 mètres.

SONDAGES EN RIVIÈRES (PL. 21, FIG. 4 ET 10).

Il arrive quelquefois que des sondages doivent être entrepris sur des rivières pour en explorer le lit, afin de reconnaître où se trouve le terrain solide qui doit supporter les pilotis, ou la maçonnerie des piles nécessaires aux constructions projetées.

La première opération consiste alors à coupler deux bateaux de dimensions convenables, suivant l'importance des sondages, le poids du matériel, le nombre d'hommes à employer, et à laisser entre eux la distance voulue pour le passage des tuyaux et des outils. Cette première opération faite, on les amarre soit aux rives, soit au fond par des ancres, de telle façon qu'ils soient fixés d'une manière invariable sur le point que l'on veut explorer, et l'on établit le plancher de manœuvre avec des plats-bords capables de supporter un des appareils (*fig.* 4 ou 5).



Ces préparatifs étant faits, on descend des tubes jusqu'à ce qu'ils touchent le fond de la rivière et qu'ils s'y implantent; on les y fixe même en frappant un peu sur la partie supérieure. On observe alors si ces tubes sont descendus verticalement; et, dans le cas où le courant aurait causé une déviation, on y remédie en faisant varier les amarres du bateau jusqu'à ce que l'on ait obtenu un aplomb aussi parfait que possible.

Le sondage se fait alors dans ce tube par les procédés déjà décrits, c'est-à-dire que, si l'on a des sables ou des matières coulantes, on fait descendre le tubage à mesure que l'on dégage sa base en approfondissant, et cela jusqu'à ce que l'on ait rencontré un terrain assez solide pour se maintenir seul, et permettre d'atteindre le point que l'on veut reconnaître.

SONDE Nos 3 ET 4.

(FORAGES DE 100 MÈTRES DE PROFONDEUR.)

Nous venons de voir que les sondes qui précèdent pouvaient être manœuvrées par toute personne un peu intelligente et attentive. Lorsqu'il s'agit de dépasser une profondeur de 50 mètres, il faut recourir à des engins un peu plus compliqués, à une installation plus précise. A cette profondeur, sans être très-difficile, un sondage peut assez généralement présenter une série de petites difficultés qui nécessitent un homme déjà exercé dans le métier.

L'appareil le plus ordinairement mis en usage se compose d'une chèvre à quatre montants construite assez solidement soit dans le genre de celle indiquée planche 21, *fig.* 5, soit celle indiquée planche 31, si l'on prévoit que le sondage puisse

donner lieu à des efforts un peu considérables, ou qu'il doive rencontrer une succession de roches dures. Elle devra avoir sept mètres d'élévation, afin de permettre l'emploi de tiges de 5 à 6 mètres. Au lieu d'un petit treuil simple fixé sur la chèvre, on se sert d'un treuil n° 3. Ce treuil, que nous n'avons pas figuré, parce qu'il n'est presque qu'une réduction du treuil n° 2 (pl. 25, *fig.* 1 et 2), moins la contre-roue qui porte les galets, se compose des pièces employées dans la chèvre de la planche 21, *fig.* 5, plus le système de battage au débrayage. Ces pièces montées entre deux bâtis en fonte constituent un treuil léger suffisant pour ces travaux. Comme on peut le placer à une certaine distance de la chèvre, il pourra être relié à un levier de battage, si on est obligé d'avoir recours à cette addition.

Sous la chèvre, on pratique, lorsque la chose est possible, une excavation de 2 ou 3 mètres de profondeur qui facilite les opérations de tubages, et que l'on boise avec soin, si les terrains sont mouvants, pour éviter des éboulements qui compromettraient la stabilité de la chèvre. Ceci a une grande importance pour la bonne direction à imprimer, dès le principe, au trou de sonde; car si un tassement se produit, la poulie, se déplaçant, change l'axe de suspension des tiges; il en résulte que celles-ci frottent sur les parois qu'elles dégradent, ou sur les tubes de retenue s'il en a déjà été introduit.

Tout étant bien disposé au sol, et l'excavation bien boisée, on place un tuyau-guide dans celle-ci, en ayant soin de le mettre dans une verticalité parfaite, et de manière que son axe corresponde aussi exactement que possible avec l'axe de la chaîne et des outils qui y sont suspendus; puis on commence le forage comme nous l'avons déjà vu précédemment, en employant les outils appropriés à la nature du terrain à traverser.



Pour une profondeur de 50 à 100 mètres, il est déjà bon que la partie inférieure de la sonde soit et plus lourde et plus forte que la partie supérieure; on devra donc donner aux emmanchements des outils un numéro supérieur à celui des tiges. Ici nous avons mis le n° 3, et on conserve même ce numéro pour un certain nombre de tiges de la partie inférieure de la sonde; cela dépend du diamètre donné aux outils encore plus que de la profondeur du forage.

En général, une sonde bien établie doit être aussi lourde que possible à sa partie inférieure, et aller en diminuant de poids jusqu'à la surface du sol. Si nous nous limitons un peu à ce sujet, c'est parce que, fournissant beaucoup de ces outils qui se payent au kilogramme, on en augmenterait la valeur, et que, les employant à des travaux fréquents et d'une faible importance, les transports seraient également plus coûteux. Nous donnerons plus loin la composition des équipages de sonde pour la profondeur de 100 mètres.

Ces sondes, allant à cette profondeur, sont déjà employées à tous les usages que comporte l'art du sondeur : recherches de mines, d'eaux ascendantes ou jaillissantes, etc. Avec le système de débrayage et le levier, on peut établir, sur des terrains consistants, un bon battage. Avant d'aller plus loin nous allons dire un mot du levier de battage ou de sonnerie et de son application.

LEVIER DE SONNERIE.

Ce levier (pl. 18, *fig.* 6) a pour but principal de diminuer, suivant le besoin, la force à employer au treuil qui communique à la sonde son mouvement de percussion, que celui-ci

soit produit par des cames, une roue à galets, un manchon de débrayage, ou par la simple tiraude. Lorsque ce levier est fort, il est composé d'une pièce de chêne ou d'orme (A, *fig.* 6, A, *fig.* 7 *bis*) recouverte d'une plate-bande B en fer, et terminée à ses deux extrémités par un crochet; le plus fort de ces crochets se trouve du côté de la sonde, qui se réunit à lui au moyen du cordage ou de la chaîne attachée à la tête de sonde à anneau tournant; des boulons *l* fixent la plate-bande à la pièce de bois; il est posé sur un axe en fer F, carré au milieu et rond à ses deux extrémités qui tournent dans des coussinets. Ce levier est fixé à l'axe par deux brides GH, GH (*fig.* 7 *bis*) pressées par leurs écrous sur une plaque transversale D, portant sur la plate-bande et les cales CC que l'on met à ses côtés. Ainsi établi, ou par tout autre moyen, il se meut dans une *poupée* en fonte E, maintenue sur une pièce de chêne K par un fort boulon *ij*, autour duquel elle peut tourner. Cette pièce de bois, qui supporte la poupée et son levier, est assujettie sur deux autres boulonnées aux montants de la chèvre, et s'y peut mouvoir en avant ou en arrière, selon que l'on veut éloigner ou rapprocher du trou de sonde l'axe de rotation du levier, et changer le rapport entre le bras de levier de la puissance et celui de la résistance. Dans le crochet de devant, on passe ordinairement une chaîne au lieu de cordage, à moins que le sondage n'ait lieu dans un pays où l'emploi de ce dernier est plus facile et peu coûteux; dans ce cas, pour éviter l'usure trop prompte du cordage, il vaut mieux employer, à la place d'un crochet, une chape munie d'un galet (*fig.* 1) sur lequel se plie plus aisément un cable de gros diamètre. Enfin, pour une percussion un peu prolongée, il vaut mieux encore remplacer cordages et chaînes, qui demandent du temps pour être rac-



courcis ou allongés, par de petites tringles de différentes longueurs : la première aura, nous supposons, 0m.50, la seconde, 1 mètre, une troisième aurait 1m.50; de sorte que lorsque la sonde a pénétré de 0m.50, on ôte la première pour la remplacer par la deuxième, et ainsi de suite. Ces tringles, indiquées *fig.* 2, s'adaptent les unes aux autres, indifféremment, par chape ou par anneau. Le fer qui leur convient a 0m.03 de diamètre. Pour éviter toutes secousses, on met entre elles et la tête de sonde 0m.30 de maillons de chaîne, qui subissent les oscillations du levier de battage. Dans les sondages importants nous verrons l'attache au levier avoir lieu par une chaîne-galle, et un système de chape à vis permettant l'allongement de la sonde pendant la marche.

Pour le derrière du levier on n'emploie de corde que pour une sonnerie irrégulière; dans tous les autres cas, on se sert de tringles, de chaînes, ou de bandes de fer feuillard réunies, en plusieurs épaisseurs, par des rivets ou des liens pour les empêcher de fouetter. On use quelquefois aussi, surtout avec la batterie à came, d'un système d'allongement (pl. 5, *fig.* 8) nommé *crémaillère*. (*Voy.* page 222.)

SONDE Nos 1, 2 ET 3.

(FORAGES DE 100 A 150 MÈTRES DE PROFONDEUR.)

La planche 31 représente l'installation d'un sondage pour une profondeur de 100 à 150 mètres. Avec une poulie mobile et un peu de prudence dans les manœuvres, on peut aller jusqu'à 200 mètres, mais ce n'est qu'un maximum qu'on fera toujours mieux de ne pas chercher à atteindre, et lorsqu'on aura quelque doute que les terrains à traverser conduiraient

à dépasser une profondeur de 150 mètres, il sera toujours prudent de s'installer solidement. On n'a presque jamais à regretter la dépense supplémentaire qu'exige un appareil un peu plus solide que ne le comporte une stricte nécessité.

Déjà pour cette profondeur, il faut une chèvre plus robuste, consolidée par des croix de Saint-André, et un levier bien établi.

Le treuil n° 2 (pl. 25, *fig.* 1 et 2) porte une roue à galets et un manchon de débrayage; ce dernier ne sert guère que jusqu'à la profondeur de 100 mètres; au delà, le battage s'exécute à la came.

Jusqu'à la profondeur de 150 mètres, la sonde rigide fonctionne bien, si elle est convenablement organisée. Les outils et quelques-unes des tiges inférieures doivent être du n° 1, qui donne une force et un poids suffisants; on les surmonte de tiges n° 2, et enfin de tiges n° 3 assez légères.

La composition d'un équipage de sonde de 100 à 150 mètres, et au delà, commence à avoir assez d'importance, surtout dans certains terrains; on peut déjà être obligé de recourir à une série d'outils spéciaux, tels qu'alésoirs, élargisseurs, coupe-tuyaux, arrache-tuyaux, etc... Dans des terrains durs et homogènes, un treuil et une coulisse à chute libre, dont nous parlerons plus loin, sont d'un bon emploi, surtout si le sondage doit avoir un assez grand diamètre et être exécuté rapidement.

SONDE N°s 0, 1, 2, ET 3.

(FORAGES DE 300 MÈTRES DE PROFONDEUR.)

Nous voici arrivés aux sondages qui, par leur importance, le poids assez considérable des outils, l'énergie des efforts à



exécuter, demandent à la fois des appareils solides et une installation minutieuse. Un simple contre-maître est rarement suffisant pour ces travaux, et la présence d'un directeur de sondage devient indispensable. Jusqu'ici, lorsque les travaux se sont accomplis dans des terrains assez faciles, on a pu, à la rigueur, se dispenser de la construction d'une baraque bien complète; souvent même de simples bâches ou certains abris partiels ont pu suffire, surtout dans la belle saison; mais pour des sondages allant à 300 mètres, devant se continuer de jour et de nuit, il est important de mettre le tout à l'abri dans une bonne construction en planches. Cette construction doit contenir un petit magasin, un bureau pour le directeur, et l'emplacement d'une forge pour les réparations. Habituellement pour ces équipages de sondes on se sert de simples forges portatives, presque toujours suffisantes; quelques outils de forge, d'ajustage et de menuiserie épargnent le recours fréquent à l'industrie locale, recours souvent dispendieux ou insuffisant par suite de la distance et de l'ignorance du métier des gens auxquels on est obligé de s'adresser. Il est donc très-avantageux de joindre un forgeron au personnel, car non-seulement il rend de grands et prompts services qu'on ne trouverait pas au dehors, mais la plupart du temps, il devient assez habile sondeur pour remplacer un contre-maître en cas de nécessité. Si une machine à vapeur est installée, ses services deviennent indispensables.

Les chèvres employées à ces sondages doivent avoir de 10 à 12 mètres de hauteur.

Un treuil n° 1 (pl. 26) est de force suffisante pour aller jusqu'à 250 mètres; à cette profondeur, pour le retrait et la descente des tiges, il est bon de faire usage d'une poulie mobile (voir à l'article *Poulies*), mais seulement pour le sup-

plément de tiges employé pour les efforts exceptionnels en cas d'accidents, efforts dont nous indiquerons les limites au chapitre des accidents.

Comme précédemment, le sondage se commence avec l'aide de la batterie au débrayage. Lorsque la sonde est arrivée à 50 ou 60 mètres, si les roches sont dures, on emploie avec avantage la batterie au moyen des galets, ce qui double au moins le nombre de coups frappés à la minute. Comme bientôt les tiges, surtout si le diamètre est grand, commencent à fouetter contre les parois ou contre le tubage, on a recours à la coulisse d'Œynhausen (pl. 5, *fig.* 8), déjà décrite. Nous allons donner ici un des moyens que nous avons employé, et nous terminerons par celui dont nous nous servons actuellement et qui nous donne de bons résultats.

(Pl. 5, *fig.* 8.) A l'extrémité du levier B A *c* mobile en A sur un fort tréteau, et ayant à son extrémité une potence traversée par un boulon Q sur lequel repose le levier, quand il ne fonctionne pas, est un plateau P, ou un tonneau suspendu par deux anses, et dans lequel on met autant de poids qu'il en faut pour équilibrer la partie surmontant la coulisse, de manière à ce que le poids d'un homme puisse la faire descendre; dans cet état de choses, la coulisse est au haut de sa course et butte sous l'embase Z, mais très-légèrement; le bec du levier est ferré et traversé par un boulon qui empêche la tige de sortir de la rainure dans laquelle elle se meut; au-dessous de ce levier, la tige porte un anneau tournant qui permet la rotation de la sonde, sans entraîner le moraillon *d*, dont le frottement sur le levier opposerait une forte résistance à ce mouvement; enfin la tête de sonde reste unie au levier *e* G par les moyens ordinaires. La bascule *l* K, mise en mouvement par la roue à

galets, entraîne le levier au moyen de la tringle G*j*. Cette tringle est composée, à sa partie inférieure dite *crémaillère*, de deux parties, l'une à chape et l'autre plate, percées de trous fins, très-rapprochés et équidistants, dans lesquels on passe un boulon à clavette, et qui permettent d'allonger ou raccourcir la tringle à mesure que l'approfondissement l'exige. La bascule est mobile en K, dans une chape en fer ou en fonte, solidement fixée contre la pièce *t* M qui est soutenue par une jambe de force N. Quelquefois on limite la course supérieure de la bascule par un heurtoir ou butoir à ressort, afin d'éviter les chocs sur les galets. Cette précaution est essentielle lorsque la roche est fissurée.

Chaque fois qu'un des galets de la roue sort du cercle décrit par l'extrémité de la bascule *l*K, celle-ci se relève entraînée par le levier *e*G placé dans la chèvre, et sollicité lui-même par le poids de la partie de sonde inférieure à la coulisse ; la partie supérieure n'a aucune action sur lui, puisqu'elle est équilibrée par le levier BA*c*; au moment du choc, ce dernier se relève en vertu de la force vive dont l'anime le poids moteur au delà de sa position d'équilibre, et la tige de la coulisse parcourt la rainure X, sans cependant en toucher le fond; on conçoit que, de cette manière, toute la partie supérieure de la sonde, n'éprouvant aucun choc, n'est sujette à aucune oscillation; la partie inférieure seule subit ce mouvement, qui est presque nul en raison du peu d'espace qu'elle occupe.

Un mot à présent sur les inconvénients de ce système : lorsque la sonde entière et continue est abandonnée à son poids sans aucune espèce de retenue, l'effet utile qu'elle produit se mesure par son poids multiplié par la hauteur de chute ; le travail dont elle est capable est alors le plus grand possible ; il est égal à toute sa masse multipliée par la moitié

du carré de sa vitesse, ou, en d'autres termes, à la demi-force vive qu'elle a acquise dans le mouvement que lui imprime sa chute, moins cependant la résistance que lui oppose l'eau par son frottement.

Lorsqu'au contraire une partie de son poids est équilibrée, qu'arrive-t-il? que la partie restante ne tombe pas en suivant les lois de la gravité, c'est-à-dire que sa chute ne se produira pas avec une vitesse égale à celle d'un corps de même poids tombant librement : supposons, par exemple, que le contre-poids équilibre les 3/5 du poids de toute la sonde, que nous représentons par 1 ; 2/5 sera alors le poids moteur qui produit à lui seul la chute du système total se composant de 3/5 + 5/5 ou 8/5. Le mouvement sera par conséquent le même que si les trois corps tombaient librement, et que l'intensité de la pesanteur ait été diminuée dans le rapport de 8/5 à 2/5, c'est-à-dire rendue quatre fois plus petite. La vitesse de la chute sera donc réduite, et par ce fait le travail sera beaucoup moindre. On peut dire, par conséquent, que l'effet produit sera d'autant plus grand que le poids équilibrant sera plus léger ; ce qui amène à la nécessité de n'employer que des tiges extrêmement légères pour toute la partie équilibrée. C'est pour ce motif que M. Biver se servait de tiges en bois dans le sondage de Cessingen, dirigé par M. Kind.

Si l'on se sert de tiges en bois, indépendamment de la cause de diminution apportée dans l'effet utile par l'entraînement du poids équilibrant dans la chute de la sonde, ces tiges viennent par leur forme en ajouter d'autres. Comme nous l'avons vu, elles sont assemblées à la manière des tiges à vis ordinaires. Le bois qui les compose, entre chaque emmanchement, exige, pour assurer un peu de solidité, un diamètre de $0^{m}.09$ à $0^{m}.10$;





la différence de grosseur de l'emmanchement et du bois produit donc une couronne saillante, qui est un véritable parachute opposant son action à celle du poids de la sonde. Ces surfaces résistantes, dont l'effet est plus ou moins atténué par les formes allongées qu'on leur donne, au nombre de vingt à cinquante et même au delà, selon la profondeur du sondage, sont une cause très-notable de la déperdition du choc, indépendamment du frottement qu'elles exercent contre les parois par leur défaut de rectitude.

Le choc produit par la coulisse arrivant au haut de sa course peut rompre les tiges, ou plutôt les détacher de leurs emmanchements; il est vrai qu'en équilibrant convenablement la partie supérieure de la sonde, on peut éviter cet inconvénient; mais les ruptures n'en seront pas moins fréquentes dans un terrain où le trépan se pince parmi des débris ou dans des fissures.

Lorsque nous voulons aujourd'hui nous servir de la coulisse d'Œynhausen, nous supprimons d'abord les tiges en bois et nous les remplaçons par des tiges en fer légères. Au lieu du second levier servant à équilibrer la partie supérieure des tiges, nous avons recours au ressort d'une longue pièce de bois placée très-près du sol, et au-dessous du plancher de manœuvre, si cela est possible. Nous avons déjà vu un semblable levier élastique avoir son application lorsqu'il a été question du battage à la corde. Ici ce ressort doit être beaucoup plus puissant, puisque le poids qu'il a à maintenir est beaucoup plus fort; il doit cependant avoir beaucoup d'élasticité, et pour cela nous prenons une forte pièce de bois de 8 mètres environ de longueur sur 25 à 30 centimètres d'équarrissage. Un certain nombre de traits de scie le divisent longitudinalement, comme on le

voit planche 23, figure 13. Un bon moraillon en chêne ou en orme est fixé sur la sonde à la hauteur voulue, pour que la pression qu'il a à opérer sur le ressort n'ait lieu qu'à l'instant qui suit le choc du trépan sur le fond du sondage. En un mot, aussitôt que toute la sonde abandonnée en chute libre descend, rien ne doit paralyser sa chute avant que le trépan ait produit son effet entier ; à ce moment, le moraillon, touchant le ressort, use le reste de force vive dont la partie supérieure est animée, avant que la coulisse articulante ait pu parcourir toute sa course. Ce moyen, un des premiers employés par M. d'Œynhausen, est, nous le croyons, de beaucoup supérieur à tous les contre-poids imaginables.

Nous sommes allés quelquefois à 400 mètres et au delà par ce procédé qui, bien appliqué, peut rendre de bons services, sans cependant valoir le décliquetage de l'outil percuteur dans le trou même du sondage, quel que soit le procédé employé pour l'opérer.

Les treuils n° 1, comme on le sait, peuvent au besoin recevoir leur mouvement d'une petite machine à vapeur oscillante. L'axe de transmission porte, à côté du volant, une poulie destinée à transmettre, au moyen d'une courroie, le mouvement à un treuil à corde pour les nettoyages, ou à un treuil de batterie à chute libre, quand on juge convenable d'avoir recours à ce système.

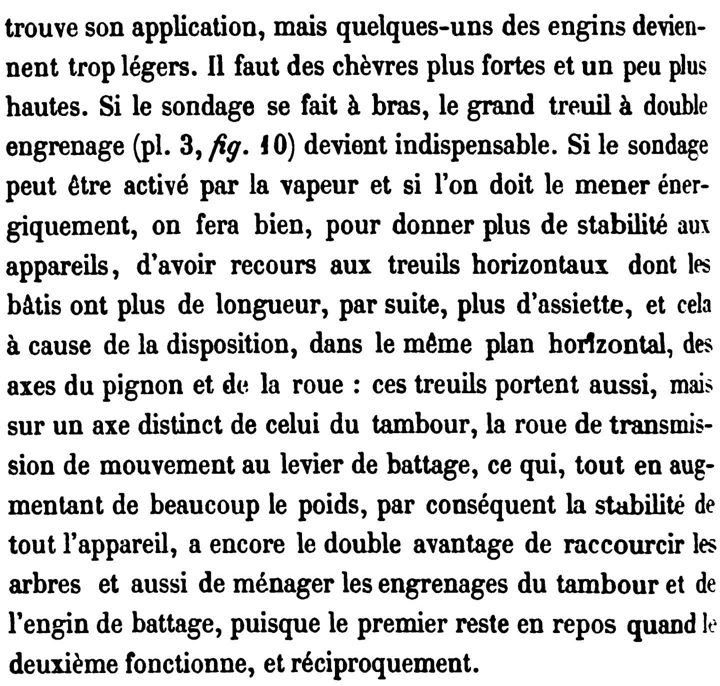
SONDE N°s 00, 0, 1, 2 ET 3.

(FORAGES DE 300 A 500 MÈTRES.)

Lorsque les sondages doivent aller à une profondeur de 300 à 500 mètres, tout ce que nous avons dit précédemment







trouve son application, mais quelques-uns des engins deviennent trop légers. Il faut des chèvres plus fortes et un peu plus hautes. Si le sondage se fait à bras, le grand treuil à double engrenage (pl. 3, *fig.* 10) devient indispensable. Si le sondage peut être activé par la vapeur et si l'on doit le mener énergiquement, on fera bien, pour donner plus de stabilité aux appareils, d'avoir recours aux treuils horizontaux dont les bâtis ont plus de longueur, par suite, plus d'assiette, et cela à cause de la disposition, dans le même plan horizontal, des axes du pignon et de la roue : ces treuils portent aussi, mais sur un axe distinct de celui du tambour, la roue de transmission de mouvement au levier de battage, ce qui, tout en augmentant de beaucoup le poids, par conséquent la stabilité de tout l'appareil, a encore le double avantage de raccourcir les arbres et aussi de ménager les engrenages du tambour et de l'engin de battage, puisque le premier reste en repos quand le deuxième fonctionne, et réciproquement.

La planche 27 donne le dessin de l'appareil employé il y a quinze ans à Donchery (Ardennes), et qui a servi depuis à d'autres sondages importants. (*Voir*, pour la description, à l'article *Treuil.*) Avec ce treuil, les procédés employés avec la roue à galets du treuil n° 1, et que nous avons décrits précédemment, restent les mêmes; seulement la roue qui porte les galets, étant plus forte et plus grande, permet de donner aux cames et leviers une amplitude beaucoup plus grande, dès lors des chutes plus fortes ou plus fréquentes à la sonde. Aujourd'hui, lorsque les sondages doivent atteindre de semblables profondeurs, nous n'hésitons pas à employer avec ces anciens treuils, que nous avons modifiés à cet effet, de nouveaux moyens décrits plus loin, et qu'une pratique de sept ans nous

a démontrés être plus avantageux comme promptitude et sûreté d'exécution.

A mesure que les sondes prennent de l'importance en longueur ou les outils en diamètre, il devient prudent de donner, à ceux-ci surtout, des emmanchements plus forts; aussi ne se contente-t-on plus toujours du n° 0 et lui substitue-t-on le double 0 (page 118).

Nous ne nous étendrons pas davantage sur la mise en mouvement de ces appareils pour en obtenir les meilleurs résultats, ce qui a été dit pour les sondages de 300 mètres s'y applique complétement.

SONDAGES HORIZONTAUX.

Un sondage horizontal se fait de la même manière qu'un sondage ordinaire. Lorsqu'il s'agit de ne le pousser qu'à 3 ou 4 mètres, on dispose (pl. 19, *fig.* 4 et 4 *bis*) une tige emmanchée à une tarière sur un tréteau DBD, de manière à ce que les points R, R', R'' soient situés sur une horizontale; les hommes appliquent leur force sur un manche *ef*, ou sur deux disposés en croix, et appuient sur la sonde en même temps qu'ils la tournent; c'est-à-dire que leur travail est le même que celui d'un charpentier perçant un trou horizontal avec une tarière dans une pièce de bois. La précaution que doivent prendre les ouvriers, c'est de donner à R R'R'' peu de longueur, et de rapprocher, lorsqu'ils commencent le trou, le tréteau assez près du terrain pour que le poids de la tarière ne tende pas à produire un trou incliné. Lorsque le forage doit dépasser une dizaine de mètres, il est important de se servir de deux tréteaux pour guider la sonde, et d'en placer un presque à l'ori-



fice du trou, afin de le bien commencer. Lorsque la tarière a pénétré de 3 ou 4 mètres dans le terrain, il est inutile de laisser le premier tréteau près du trou; on l'en éloigne de 2 mètres, et l'on en place un second à 3 mètres plus loin; il sert de point d'appui à la sonde pour la retirer lorsque la tarière est pleine. Si l'emplacement le permet, et que le sondage doive être poussé à 40 ou 50 mètres, on établit de nouveaux tréteaux derrière les premiers, et à des distances successives de 7 à 8 mètres; on les fixe au sol au moyen de pieux à tête, ou on les charge de fardeaux quelconques. Les tréteaux portent un petit rouleau qui facilite le retrait et l'introduction de la sonde, ce que l'on peut effectuer sans vissage ni dévissage des barres.

On pourrait, au lieu d'une série de 5 ou 6 rouleaux, en employer un seul mobile sur des madriers; mais, outre que ce système est moins commode que le précédent, il en résulte aussi cet inconvénient que, au fur et à mesure que le point d'appui de la sonde s'éloigne de l'orifice du trou, la tarière en dégrade les parois.

La figure 5 représente un sondage horizontal dans des roches inclinées, qui exigent un mouvement de percussion.

Tout près du point où doit commencer le sondage, on établit une potence ACLB, implantée solidement dans le sol, d'une quantité LB, et assujettie par deux jambes de force NO; entre ces deux jambes, un rouleau R tourne sous le mouvement de la sonde; deux madriers LM se relient à la potence et reçoivent un tréteau *j* K, muni d'un coussinet dans lequel passe une tige arrondie; celle-ci est coiffée par une tête de sonde, dont l'anneau est remplacé par une chape à longues branches entre lesquelles se meut une petite poulie. La tête de la chape est munie d'un crochet tournant, dans lequel on passe un cordage qui va

s'enrouler sur un treuil ordinaire, à une distance égale à la longueur des tiges, si l'on est obligé, faute de place, de les dévisser successivement, et égale à la sonde entière si elle peut être retirée et introduite d'une seule pièce.

Entre les madriers horizontaux LM, est un rouleau D' dont l'axe est très-solide; une corde ordinaire, ou un câble en fil de fer, ce qui est préférable, est fixé en C, passe sur la poulie de la tête de sonde, revient sur le rouleau ou poulie D', et supporte à son extrémité un poids E, qui se meut dans une excavation pratiquée à cet effet. On dispose les points C et D' de manière à ce que le cordage fasse, avec la sonde horizontale, deux angles égaux. C'est ce que la figure n'a pas indiqué; pour qu'elle fût exacte, il faudrait que les points C et D' se trouvassent sur une verticale, et pour cela il n'y a qu'à reporter la potence en arrière, telle qu'elle se trouve dans la figure, et la munir, du côté du terrain, de deux madriers semblables à LM, qui porteront le tréteau *j*K, et à leur extrémité le rouleau R à la hauteur convenable. Comme on le voit, le poids E entraîne la sonde vers la roche à percer, et dans la direction de l'axe du système, de manière que si, à l'aide d'un treuil GF, on retire la sonde d'une certaine quantité, et que l'on cesse subitement l'effort de traction, le trépan frappera la roche, en vertu de la vitesse que lui communique le poids E.

Nous avons indiqué le système de percussion à la corde; on comprend qu'on peut en employer un autre, tel qu'un ressort d'une forme quelconque. Celui-ci peut être tendu, soit par une came, soit plus simplement par une corde enroulée sur le tambour, comme on l'a indiqué.

Lorsque le sondage a lieu dans des terrains meubles, et qu'il ne s'agit que d'opérer une pression sur les outils pour les faire



pénétrer par rotation, la machine (pl. 5, *fig.* 4), disposée de manière à ce que la crémaillère occupe une position horizontale, constitue un bon appareil. Il est bien entendu que la denture du pignon dans ce cas est entière, et que la crémaillère est fixée à l'anneau tournant de la tête de sonde. Ce petit appareil peut être monté sur des galets, et si l'on a, derrière le point où l'on pratique le sondage, un plan horizontal sur lequel on puisse se développer de la longueur de la sonde à manœuvrer, il suffit de faire rouler ce treuil mobile pour retirer toute sa sonde sans la dévisser.

Le frottement des tiges sur la paroi inférieure du sondage étant la principale résistance qui s'oppose à l'action du poids moteur E, il conviendra de faire suivre l'outil, dans le trou, par une colonne de tuyaux pour diminuer cette première cause de perte dans l'effet utile. Il est encore deux raisons qui commandent ce tubage : la première, c'est que la sonde rend, par son mouvement continuel sur la même ligne, le trou ovale, et finit par creuser une espèce de sillon, dans les inégalités duquel s'engage le trépan, que l'on a de la peine alors à conduire à fond; la seconde, c'est pour obtenir la rectitude du trou; on conçoit que, dans des couches un peu tendres, le poids de l'outil tend naturellement à le faire baisser et à produire une inclinaison du trou. Ce fait s'observe effectivement à une petite profondeur; plus loin, une autre cause ne tarde pas à amener le même effet, mais en sens contraire : lorsque la sonde commence à avoir une certaine longueur, la pression que l'on exerce pour la faire pénétrer détermine dans sa longueur une courbe qui tend le plus généralement à faire remonter l'outil, et l'on est très-étonné, lorsqu'il s'agit, par exemple, de traverser le remblai d'une route ou d'un chemin

de fer, de voir la sonde déboucher de l'autre côté, presque toujours à quelques centimètres plus haut que son point de départ.

Pour obvier encore en partie à ces inconvénients, il est bon que la première tige du fond (le porte-outil) soit longue et peu flexible. On comprend que si un outil lourd est adapté à une tige faible, celle-ci fléchira facilement, et s'opposera peu aux déviations, tandis que forte, pesant également en tous ses points et étant pour ainsi dire inflexible, il faudrait, pour qu'elle obliquât, qu'une couche épaisse et sans consistance favorisât ce mouvement; car dans les terrains solides, la tige conserve son horizontalité ou à peu près. Quant au cordage ou câble en fil de fer qui, fixé en C (pl. 19, *fig.* 5), passe dans la poulie de la tête de sonde, puis sur la poulie D', pour de là suspendre le poids moteur, on se fera une idée de la solidité à lui donner, en considérant que ce poids moteur devra être porté, pour 50 mètres de longueur, à 500 ou 600 kilogrammes, et que sa hauteur de chute, pour produire un effet sensible, doit être de 50 centimètres au minimum.

Les tiges de sonde risquent moins de se casser dans un sondage horizontal que dans un trou vertical; mais l'accident ayant lieu, on le réparerait à l'aide des outils raccrocheurs décrits précédemment.

On peut, par un sondage horizontal, tout aussi bien que par un sondage ordinaire, obtenir des eaux jaillissantes, toutes les fois que le trou de sonde sera disposé, par rapport aux couches inclinées du terrain, comme le montre la planche 19, figure 5; lorsqu'en outre quelques-unes de ces couches seront meubles, ou assez fissurées ponr permettre aux eaux d'y circuler, on sera certain de donner à celles-ci un débouché sur



le flanc de la colline, si toutefois on a la persévérance de pratiquer le trou de sonde assez loin.

SONDAGES DANS UN ANGLE DE MURS.

Le mouvement de rotation qu'on imprime à la sonde exige ordinairement un emplacement de 2 mètres de diamètre, et, au minimum, de 0m.60 pour les petites dimensions; le sondage ayant lieu tangentiellement à un mur ou dans un angle, on est obligé, pour donner à la sonde le mouvement de rotation nécessaire, surtout pour les alésages du trou, de se servir de 2 tourne-à-gauche, dont l'un tient la sonde pressée contre l'obstacle qu'elle doit vaincre, tandis que l'autre la prend sur le côté opposé pour venir à son tour, au même point que le premier, et ainsi de suite. Lorsque l'on n'agit que par percussion, un seul tourne-à-gauche léger suffit, surtout si le terrain est homogène et ne donne pas lieu à des mouvements de recul; la manœuvre de ce tourne-à-gauche étant toujours fort incommode, nous donnons (pl. 19, *fig.* 6) un instrument qui peut en tenir lieu et avec lequel on opère beaucoup plus facilement.

La tige A, sur laquelle on met ordinairement les manches et tourne-à-gauche, est arrondie pour recevoir une douille de l'épaisseur B''B''' formant l'extrémité du levier A C, qui porte deux chapes D D D D, D'D'D'D'; la douille repose sur un plateau A B' cannelé sur une largeur B''B'; au-dessous se trouve un autre plateau A B de plus grand diamètre que le premier, et cannelé aussi sur une largeur B B'; ils sont liés ensemble par des boulons ou des rivets; le plateau inférieur porte une douille de 0m.15 de hauteur, au moyen de laquelle on fixe les deux plateaux à rochets sur la tige arrondie par des vis dont les

pointes entrent dans des petits trous percés sur celle-ci. Le grand plateau à rochets reçoit un cliquet I*j'* fixé dans la chape DDDD par le boulon *ff*; il en est de même du petit plateau et de son cliquet I*j*. Sous chacun des cliquets est un petit piton à charnière, qui sert au besoin à empêcher l'un d'eux de fonctionner. Lorsque l'on tourne à droite, par exemple, pour la percussion, on soulève le cliquet I*j'* pour qu'il ne s'oppose pas au mouvement contraire du levier AC, quand, à chaque coup de trépan, on fait revenir le bout *j'* du cliquet, devant une troisième ou une quatrième dent en arrière, pour continuer à tourner la sonde. Lorsque l'on a besoin de tourner à gauche, on relève à son tour le cliquet I*j*, et l'autre seul fonctionne. Afin que les cliquets n'abandonnent pas les rochets, ils sont pressés par un ressort HG' ou HG, dont on peut se dispenser en leur donnant un peu de poids.

Il est rare que l'on ait un semblable travail à exécuter, et il faut tout faire pour l'éviter, si l'on doit aller à une certaine profondeur. Une position aussi incommode entraîne presque toujours à des lenteurs qui sont souvent plus onéreuses qu'un déplacement.

SYSTÈME DE M. KIND

A CHUTE LIBRE OU DÉCLIC, AU MOYEN D'UN DISQUE MIS EN MOUVEMENT PAR LA RÉSISTANCE QUE LUI OFFRE L'EAU.

Nous nous sommes longtemps demandé si nous devions parler des différents procédés de sondages employés par nos confrères. Bien que cette question fût difficile et surtout délicate, nous avons préféré dire franchement ce que nous pensions, avec la conviction qu'il ne peut rien y avoir de répré-



hensible, qu'il y a plutôt un but moral à faire à chacun la part qui lui revient, si l'on se sent assez de force pour fermer sa conscience à toute mauvaise suggestion ; nous nous sommes décidés à énoncer fermement tout ce que permet la justice, la raison et la vérité, en donnant les preuves à l'appui autant que possible, ou en n'avançant qu'une opinion personnelle réfutable au gré du lecteur.

M. Mulot n'employant guère que des procédés très-connus, et ne publiant presque rien sur ses travaux, nous ne pouvons en donner une description suffisamment détaillée pour remplir convenablement le cadre, assez large, du reste, des forages exécutés par ce sondeur.

Il n'en est pas de même de M. Kind; aujourd'hui surtout que le brevet pour l'exploitation de son système est expiré, et que chacun peut à son gré en faire usage, il ne peut plus y avoir d'indiscrétion à divulguer ses appareils. Les bulletins de la Société d'encouragement, différents écrits, les journaux, ont bien souvent entretenu le public des travaux accomplis ou tentés par ce procédé. En en donnant ici une description, nous ne ferons donc que suivre une route déjà battue.

Le système de M. Kind, décrit il y a quinze ans par M. Combes dans son *Traité d'exploitation des mines*, a eu depuis cette époque les plus chauds partisans; son principe très-ingénieux a séduit un grand nombre d'ingénieurs, et par suite procuré à son auteur de grands et beaux travaux. Aujourd'hui que des applications plus générales et plus nombreuses ont eu lieu concurremment avec d'autres méthodes, peut-être l'enthousiasme est-il un peu refroidi, et se préoccupe-t-on plus sérieusement de la valeur des avantages obtenus. Si nous examinons les documents qui nous ont été fournis par des compagnies ayant

successivement ou simultanément fait exécuter leurs sondages de recherches par M. Kind et par nous, nous sommes tentés de croire que c'est à leur examen que nous sommes redevables des nombreux travaux que nous avons eu à exécuter pendant ces dernières années, dans les départements de la Moselle, du Pas-de-Calais et encore aujourd'hui en Belgique, et des traités que nous avons passés avec le gouvernement hollandais, les chemins de fer espagnols, la grande compagnie des chemins de fer russes, etc.

Pour être aussi exacts que possible, nous avons puisé les descriptions et les dessins des engins et outils de M. Kind dans l'ouvrage de M. Combes sur l'exploitation des mines, et dans une notice de M. Maurice sur le puits artésien de Passy, publiée par la Société d'encouragement. Ces deux sources nous ont paru préférables sous tous les rapports de vérité, d'exactitude et de clarté.

GRAND ENGIN DE M. KIND, AVEC ROUE A MARCHES.

Nous croyons inutile d'entrer dans le détail que M. Combes donne du petit engin de Kind. C'est une chèvre à quatre montants de 8 mètres environ de hauteur, consolidée par des entretoises, sur lesquelles on pose quelques planches pour les manœuvres d'accrochage. Entre deux des montants se trouve un tambour à manivelles sur lequel s'enroulent deux cordes, dont l'une sert au retrait et à la descente des tiges, et l'autre à descendre et à remonter directement la soupape. A trente mètres, le poids des tiges devenant trop fort pour qu'il soit possible de les retirer à l'aide des manivelles, on agit sur le tambour au moyen de barres en croix qui le traversent. Au sommet de la



chèvre est établie la poulie sur laquelle passe le câble destiné à remonter la sonde. Pour le battage, un levier placé entre deux poteaux oscille sur un essieu en fer qui les traverse. La longueur de ce balancier est de 3 mètres, savoir : deux mètres depuis le point d'appui jusqu'à la barre transversale où les hommes agissent pour soulever la sonde, et un mètre depuis le point d'appui jusqu'au point de suspension de la sonde. La course du levier est limitée par une pièce de bois faisant ressort, et solidement fixée à son extrémité entre quatre montants enfoncés en terre ou pris dans de la maçonnerie.

« Pour les sondages d'une grande profondeur (dit « M. Combes), Kind fait usage d'un engin beaucoup plus « élevé que le précédent, et se sert pour relever la sonde « d'une roue à marches, *Tretrad,* au lieu d'un treuil à mani- « velles ; il conserve d'ailleurs le levier de battage et le ressort « en bois contre lequel vient frapper l'extrémité du levier, « après la chute de la sonde. Les figures 18 et 19, planche 34, « représentent ce grand engin. Les montants principaux « ont 20 mètres de long; à la hauteur de l'engin s'ajoute « encore la profondeur d'un petit puits que l'on creuse dans « les terres meubles et même les premières couches de la « roche, ce qui permet de désassembler les tiges par parties « de 25 à 30 mètres de longueur. Les montants ont de 0m.30 « à 0m.32 d'équarrissage au gros bout, et de 0m.19 à 0m.22 au « petit bout; ils supportent une petite tour dans l'intérieur « de laquelle sont établies deux poulies de renvoi pour cha- « cun des deux câbles qui servent à relever la sonde. Des « planchers sont établis sur les entretoises *hh*, pour qu'on « puisse saisir les tiges à toute hauteur; on arrive à ces « planchers par des échelles inclinées. La roue à marches RR

« est couverte par un appentis adossé à la face large de l'engin ; « l'espace qui se trouve au delà de la roue, le long de cette « même face, est couvert par le prolongement de cet appentis, « et une petite forge y est établie en S. Le levier de battage *ff* « est établi sur une charpente indépendante de l'engin, afin « que celui-ci ne soit point ébranlé par les chocs. Les quatre « montants verticaux *bb* sont assemblés à queue d'hironde « et fortement coincés dans les semelles transversales *aa* « (*fig.* 18), dont la longueur est égale à l'intervalle des deux « longues pièces parallèles sur lesquelles sont posées les quatre « grandes colonnes MM; ces montants sont maintenus en « outre par des arcs-boutants *cc*. *dd* sont deux fortes ancres « en fer qui relient la partie supérieure de la charpente à « une pièce de bois enterrée dans le sol, où elle est solidement « maintenue par de la maçonnerie ou des pieux. L'essieu *g* du « levier porte sur deux traverses horizontales *e*. Le levier est « une pièce de sapin de 0m.19 d'épaisseur et 0m.24 de hau- « teur; il joue librement, mais sans un trop grand vide, entre « les poteaux verticaux. *kk* est la barre transversale sur « laquelle agissent les ouvriers; *i* le crochet d'attache de la « chaîne en fer de la sonde; celle-ci est enlevée à chaque coup « d'environ 0m.68. Le ressort en bois *l* ne doit être ni trop « mou ni trop raide; sa raideur doit être proportionnée au « poids de la sonde; il est formé de plusieurs planches de 0m.05 « à 0m.08 d'épaisseur superposées, et de longueurs inégales, « ainsi que l'indique la figure. On fait varier la raideur du « ressort en augmentant ou en diminuant le nombre de « planches; aux points où le choc a lieu, le levier et le ressort « sont armés de blocs en bois dur *mm*.

« La roue à marches, qui sert à relever et à descendre la



« sonde, est composée de deux couronnes entre lesquelles « sont fixées les marches; celles-ci sont des planchettes « de $0^{m}.16$ de large et $0^{m}.065$ d'épaisseur; elles sont placées « à $0^{m}.65$ d'intervalle mesurés suivant la circonférence, en « saillie de $0^{m}.05$ en dedans, et de $0^{m}.08$ en dehors sur le fond « cylindrique du tambour, afin que les ouvriers puissent facile- « ment y placer leurs pieds. »

Enfin sous la roue en *r*, M. Kind établit des coussinets qui, s'appuyant contre la circonférence de la roue au moyen de leviers, y font frein; pendant qu'on descend ou qu'on remonte la sonde un ouvrier est toujours au frein, prêt à arrêter la roue au moindre accident.

Au sondage de Cessingen, la disposition générale de l'engin était à peu près la même, mais la roue à marches servait, non-seulement à relever et à descendre la sonde, mais encore à transmettre à celle-ci le mouvement de percussion. Des galets, compris entre deux disques placés sur le tambour, agissaient sur le levier, à peu près comme ceux de nos treuils agissent sur le petit levier de came.

Nous avons vu dans la Moselle, il y a deux ans environ, des dispositions à peu près semblables, modifiées légèrement pour l'usage de la coulisse à chute libre, tandis qu'ici le système employé était des tiges en bois, terminées par la simple coulisse d'Œynhausen (pl. 34, *fig.* 20).

Pour la plupart de ses sondages importants, M. Kind a supprimé ses roues à marches, et a adopté la vapeur à peu près dans les mêmes conditions que nous, sauf que, pour le battage, il emploie une machine spéciale. Comme nous croyons que le type le plus complet est celui de Passy (Seine), nous allons en donner la description.



DISPOSITIONS ADOPTÉES A PASSY.

Le 14 juillet 1855, il est intervenu entre M. le préfet de la Seine et M. Kind une convention dont voici, dit M. Maurice dans le *Bulletin de la Société d'encouragement*, les principaux termes :

« Le puits percé d'après les procédés de M. Kind, sous la « surveillance de l'ingénieur des ponts et chaussées chargé de « la direction du service des promenades et plantations de la « ville de Paris, aura dans toute sa profondeur une section « minimum de $0^m.60$ de diamètre intérieur.

« Il sera descendu de 25 mètres, au moins, dans la couche « aquifère des grès verts située, en moyenne, à 550 mètres « au-dessous du sol de la plaine de Passy, et devra être garni « d'un cuvelage en bois de chêne formant tube de retenue.

« Un tube ascensionnel, de 23 mètres de hauteur environ « au-dessus du sol de l'orifice du puits élèvera les eaux à « $76^m.49$ au-dessus du niveau de la mer, hauteur nécessaire « aux différents services du bois de Boulogne.

« Les travaux du puits, dont la dépense est évaluée à un « chiffre maximum de 350,000 francs, doivent être terminés « dans le courant d'une année, à partir du 18 juillet 1855, « date de l'acceptation de la soumission de M. Kind. »

D'après quelques détails donnés par M. Alphand, ingénieur des ponts et chaussées, les frais d'installation ou d'achat d'instruments, des machines et des tubes de retenue se sont élevés à la somme de 93,865 fr. 20 c.

La planche 37 indique l'ensemble de cette disposition.

« Le moteur principal, continue M. Maurice, est une ma-

chine à vapeur, ou plutôt, deux machines ayant ensemble la force de 25 à 30 chevaux, alimentées par une seule chaudière.

« L'un de ces cylindres, n'ayant qu'une force de 10 chevaux, a son piston relié, par le moyen d'une tige, à l'une des extrémités d'un balancier ou levier à secteur. A l'autre extrémité de ce balancier est suspendu l'appareil de forage, dont la tête vient s'engager dans un étrier fixé au dernier anneau d'une forte chaîne-Galle.

« Cet appareil consiste en une série plus ou moins nombreuse de tiges de bois, terminée inférieurement par une pince avec système à chute libre et par l'instrument de forage proprement dit, qui est le trépan.

« La pression de la vapeur sur le piston soulève, au moyen du balancier XX (*fig.* 2), la tige et le trépan qui retombent après la suppression de la vapeur, en vertu de l'excès de leur poids, dans l'eau fournie par les infiltrations supérieures dont le puits foré est rempli.

« Le trépan (pl. 35, *fig.* 4 et 5) est un outil armé de sept dents en acier fondu, inégalement distantes l'une de l'autre, ayant chacune une longueur de 0^{m}.25 et un poids de 8 kilogrammes environ. Ces dents *n*, *n*, *n*, *n*, *n* sont assujetties à l'appareil par de fortes chevilles en fer, pouvant s'enlever facilement pour remplacer les dents en cas de bris ou d'usure.

« L'instrument à chute libre ou déclic qui surmonte le trépan est formé d'un clapet circulaire *e e* ou chapeau en gutta-percha, ayant 0^{m}.60 de diamètre, et auquel est adaptée la tête d'une pince *h h* qui soutient la tige du trépan. Le jeu de l'appareil est disposé de telle sorte que la pince ouvre ses branches quand elle descend, et les ferme lorsqu'elle remonte.

« La tige de suspension consiste en une série de tiges partielles en bois de sapin (pl. 35, *fig.* 3) de 9 à 10 centimètres d'équarrissage et ayant chacune 10 mètres de longueur. Ces tiges sont assemblées les unes aux autres par le moyen de douilles et de vis solidement assujetties à leurs extrémités par des frettes en fer E E. Elles n'ont qu'un assez petit excès de poids sur l'eau qu'elles déplacent. Il en résulte que la force nécessaire pour soulever le trépan et les tiges augmente peu avec la profondeur du puits foré. Les tiges en bois bien sain, sans nœuds ni autres défauts, offrent d'ailleurs une résistance bien suffisante à la rupture par traction directe dans le sens des fibres, seul effort qu'elles aient à supporter, et les bris accidentels donnent lieu à des accidents beaucoup moins compliqués, et plus faciles à réparer que les énormes tiges en fer dont on se servait dans l'ancien procédé de sondage.

« Voici maintenant la manière dont fonctionne l'appareil. Supposons l'ensemble du système descendant rapidement par son propre poids ; le chapeau en gutta-percha, rendu mobile sur l'axe du déclic par deux coulisses, est soulevé un instant par la pression de l'eau, dont l'action, s'exerçant de bas en haut, fait ouvrir les branches de la pince. Aussitôt le trépan, qui est rendu libre, tombe avec toute la vitesse due à son poids. Le reste de l'appareil, qui descend plus lentement, arrive au fond du trou un instant après. A ce moment, le balancier relève sa tête et soulève les tiges ; la pince se referme par suite de l'effort opposé que subit le chapeau de gutta-percha, et le trépan remonte en même temps. Immédiatement après, un autre mouvement de descente fait lâcher la pince, et ainsi de suite. Cet ingénieux mécanisme, à quelques modifications près, a été décrit dans le tome XLIV

du *Bulletin de la Société d'encouragement*, page 344, année 1845.

« Le battage, ainsi que nous venons de le voir, est produit par l'un des cylindres de la machine à vapeur, dont la seule action consiste à relever tout le système, pour le laisser ensuite retomber de son propre poids. Lorsque le trépan est bien libre, il tombe environ vingt fois par minute, et la hauteur de chute n'excède pas $0^m.60$; dans le cas contraire, le nombre de coups ne dépasse guère 12 ou 15.

« L'orifice du puits est recouvert d'un plancher sur lequel deux ouvriers sont occupés, à l'aide d'une barre de manœuvre, l'un à tourner vers le bas, pour chaque mouvement d'ascension, le pas de vis qui soutient la tige, l'autre à faire tourner cette tige d'un huitième environ de circonférence. Cette double opération est nécessaire, d'une part, afin d'augmenter graduellement la longueur des tiges à mesure que le trou s'approfondit, et, d'autre part, afin de permettre au trépan de broyer la roche dans toutes les directions.

« Un deuxième cylindre à vapeur, de la force de 15 chevaux, met en mouvement le treuil sur lequel viennent s'enrouler deux câbles plats passant sur deux poulies situées au sommet de la tour du hangar principal. Cette tour est établie à 30 mètres au-dessus du plancher sur lequel sont placés les ouvriers qui gouvernent l'appareil. Lorsque le trépan a manœuvré un certain temps, qui varie suivant la nature des roches à traverser et dure environ six heures, pendant lesquelles il a foré sur une profondeur variable, mais qui peut s'élever jusqu'à $1^m.50$ et même 2 mètres, on détache la chaîne du balancier, on déplace celui-ci que l'on reporte un peu en arrière, en le faisant mouvoir sur des rouleaux, et alternativement chacun

des câbles plats vient chercher une partie des tiges, qu'on n'a besoin de dévisser que tous les 30 mètres, en raison de la hauteur qui existe entre le plancher et le sommet de la tour. Il va sans dire qu'un ouvrier est placé en haut de cette tour pour guider chaque longueur de tiges vers le point où elle est déposée, et pour décrocher le câble qui doit immédiatement redescendre, pendant que l'autre remonte une nouvelle longueur de tiges. Une fois le trépan arrivé au-dessus de l'orifice du puits, il est suspendu à un chariot mobile sur un petit chemin de fer qui permet de l'écarter pour procéder au curage du puits.

« La cuiller O (pl. 37), dont on se sert pour le curage, est un cylindre en tôle de 1 mètre de hauteur sur $0^{m}.80$ de diamètre; quelquefois cette hauteur est double. Ce cylindre est ouvert à sa partie supérieure, et est muni à sa partie inférieure d'un fond mobile à charnières, formé de deux soupapes qui s'ouvrent de dehors en dedans et en regard l'une de l'autre. On amène la cuiller au-dessus de l'orifice du puits par le même procédé que le trépan, c'est-à-dire à l'aide d'un autre chariot Q roulant sur rails; ensuite on l'amarre à l'extrémité d'un câble rond de $0^{m}.04$ de diamètre, lequel passe sur une poulie dont la chape N est folle sur son axe, et va s'enrouler sur un treuil K mis en mouvement, au moyen d'une chaîne sans fin *a*, par une bielle attachée sur la tige du piston du cylindre à vapeur. Cette opération terminée, on donne du câble, et la cuiller descend dans le puits par son propre poids. Les soupapes, forcées de s'ouvrir par suite de la pression qu'exercent l'eau et les détritus qui pénètrent dans le cylindre, se referment immédiatement dès qu'on relève l'appareil. Aussitôt la cuiller revenue au jour, le chariot vient la chercher, et la



conduit au-dessus du canal de vidange, où on la fait basculer pour la vider; puis on la ramène pour la descendre de nouveau dans le puits. Une opération de curage dure ordinairement six heures [1], autant qu'une opération de forage, et les deux se succèdent jour et nuit sans interruption.

DESCRIPTION DES PLANCHES.

« Planche 37, *fig.* 1. Plan du hangar sous lequel est établi le forage. Ce plan est pris un peu au-dessus du niveau du sol de la machine à vapeur et passe par les lignes I, II des figures 2 et 3.

« Fig. 2. Section verticale faite par un plan passant par l'axe de la tour et par le grand axe du hangar.

« Fig. 3. Section verticale passant par l'axe de la tour et par le petit axe du hangar.

« Les mêmes lettres désignent les mêmes objets dans toutes les figures.

« Fig. 4 et 5. Frein modérateur vu en détail.

AAAA, hangar sous lequel est établi le forage.

B, bureau de l'ingénieur.

B', chambre du contre-maître.

C, salon de réception.

DD, tour de 30 mètres d'élévation disposée pour la sortie des tiges.

« Les quatre échelles qu'on remarque dans les figures 2 et 3 indiquent la position des cinq planchers de service pour la

[1] Nous croyons que M. Maurice a fait une erreur, et que cette opération de curage doit être beaucoup plus expéditive.

manœuvre des différents appareils; le troisième plancher est situé à moitié hauteur de la troisième échelle.

E E, générateur de vapeur dont le foyer est établi sous le sol.

Z Z, cheminée d'appel, en tôle, montée sur maçonnerie et maintenue par de solides fils de fer attachés au sol.

F, cylindre à vapeur horizontal servant à la manœuvre des câbles plats, à l'aide desquels on descend et on remonte les tiges en bois et le trépan.

G, G', câbles plats passant sur deux poulies disposées dans une cage en haut de la tour et venant, d'une part, s'enrouler sur le treuil ou bobine H, et, de l'autre, restant suspendues librement pour venir s'accrocher tour à tour aux têtes des tiges qu'elles doivent enlever. L'accrochage se fait par un crochet à tête de boulon tournant librement dans un étrier.

J J, canal incliné dans lequel les câbles G G' descendent vers la bobine H en glissant sur des rouleaux.

« La bobine H reçoit son mouvement d'une roue d'engrenage *i i*, sur l'axe de laquelle elle est montée (*fig.* 1 et 3). Cette roue engrène avec un pignon *p*, placé sur l'arbre du volant *v*, qui reçoit directement son action du cylindre à vapeur F, à l'aide d'une bielle *b* attachée à l'extrémité de la tige du piston.

r r est une roue en bois fixée sur l'arbre de l'engrenage *i i*. De chaque côté de la jante de cette roue, viennent agir les deux mâchoires *o*, *o* (*fig.* 4) d'un frein modérateur de la vitesse de descente des câbles. Ces mâchoires sont boulonnées aux montants d'un chevalet, qu'on manœuvre facilement par un système de leviers articulés *x y* (*voir*, *fig.* 4, le détail de ce frein).

K K, câble rond servant à la descente de la cuiller (*fig.* 2 et 3) : il s'enroule sur un treuil L L, dont l'axe est disposé sur le plancher du premier étage.

L L, treuil disposé pour le service du câble de la cuiller. Il reçoit son mouvement d'une chaîne sans fin *a a*, système Galle, passant, d'une part, sur une roue à cames fixée sur le même arbre, et, d'autre part, sur une autre roue à cames *g g*, montée sur l'arbre du volant *v* (*fig.* 1).

M, cuvette cylindrique placée sous le treuil L L et destinée à recevoir les eaux qui tombent du câble K K, lorsqu'il remonte du fond du puits. Ces eaux sont dirigées ensuite au dehors par le petit tuyau *t t*, visible figure 3.

« A côté du treuil L L (*fig.* 2) on en voit un autre de petite dimension *k* se manœuvrant à bras, et dont la corde traversant le plancher sert à soulever différents fardeaux.

« Le câble K K passe ensuite sur la poulie N, située entre le troisième et le quatrième plancher, et vient s'attacher, par un crochet, à la cuiller O.

O, cuiller suspendue au câble K K (nous la décrirons, en même temps que les autres outils, dans la seconde partie de ce travail). Elle est surmontée d'une cage cylindro-conique P, servant à assurer sa verticalité pendant la descente. Cette cage est à claire-voie et formée par de simples barreaux en fer.

Q, Q', chariots roulant sur des rails fixés au second plancher. Q sert au transport de la cuiller, et Q' au transport du trépan. Chacun de ces chariots est disposé de manière à pouvoir y attacher le câble de l'outil qu'on veut transporter.

« Les figures 2 et 3 représentent la cuiller à la place où son chariot Q est allé la reconduire. Comme on le voit, le câble K K ne la quitte pas, ce qui oblige la poulie N à se mouvoir dans deux plans différents. Pour obtenir ce double mouvement, on a rendu la chape de cette poulie folle sur son axe.

R, canal de vidange dans lequel on vide la cuiller O à sa sortie du puits. Pour procéder à cette opération, un ouvrier conduit la cuiller pendant qu'un autre pousse le chariot Q; puis il monte les marches adossées au canal de vidanges, et fait basculer la cuiller sur ses tourillons, en enlevant une simple clavette qui la retient à son collier de suspension.

S, puits à l'extrémité duquel se trouve le trou de sonde.

T T, plancher formé de deux volets à charnières, et ne laissant qu'un trou pour le passage de la tige. On ne lève ces deux volets que pour le passage du trépan ou de la cuiller.

U, extrémité de la tige de sondage munie de la barre de manœuvre V V que tournent, pendant l'opération du battage, les deux ouvriers placés sur le plancher T T.

« Les figures 2 et 3 montrent clairement le système d'attache de la tige au balancier, sans qu'il soit besoin de répéter l'explication donnée déjà d'autre part et de surcharger les figures de lettres.

X X est le balancier auquel est attachée la chaîne-Galle qui soutient l'appareil de sondage. Il est arrondi à l'extrémité où s'appuie cette chaîne, afin que son mouvement, qui est circulaire, puisse mieux se combiner avec celui des tiges, qui est rectiligne.

« Ce balancier, composé de deux flaches, est, comme le montrent les figures 1 et 2, solidement armé de boulons et consolidé par des frettes épaisses boulonnées, reliant les plateaux qui forment ses flaches.

Y, Y sont les tourillons à l'aide desquels oscille le balancier X X.

n, cylindre à vapeur vertical, dont la tige est reliée à la queue du balancier par une chaîne-Galle *l*. Le piston de ce



cylindre, en s'abaissant, entraîne tout le système, et, au moment où il se relève, le trépan et les tiges descendant par leur propre poids, le balancier est entraîné en sens inverse et vient battre brusquement contre le chevalet *d*.

d, chevalet dont les montants sont formés de tiges solides en fer. Il est fixé, par le bas, à l'extrémité d'un système de madriers *q' q*, dont l'élasticité a pour but d'amortir le choc du balancier X X au moment où il se relève en venant battre contre le chevalet *d*. Cette disposition a une grande analogie avec celle qu'on adopte dans les forges pour les marteaux à queue.

« Lorsqu'on veut descendre la cuiller au sortir du trépan, on dévisse la chaîne qui est à la tête du balancier, et on repousse ce balancier en sortant les tourillons Y, Y de leurs coussinets et en le faisant reculer sur un rouleau.

« La figure 2 indique la position dans laquelle on met les tiges à mesure qu'on les sort du puits.

« Enfin *e*, *f*, *w* sont des cuves de condensation, et l'on voit, figure 1, en traits ponctués, les tuyaux de conduite et de retour de vapeur.

OUTILS DE FORAGE.

« Pl. 35. *Des tiges et du mode de suspension de l'appareil.*

« Fig. 1. Tête de la tige et son mode de suspension.

« Fig. 2. Même vue dans un plan perpendiculaire à celui de la figure 1.

A, chaîne à maillons articulés, dont l'anneau supérieur est attaché à la tête du balancier ou levier à secteur chargé de produire le battage de la sonde.

« Au dernier anneau de cette chaîne est suspendue une tige



taraudée *a*, dont le pas de vis s'engage dans le manchon d'une pièce B évidée en forme de lanterne.

C, étrier de suspension de la tige de sondage. Il est relié d'un côté à la pièce B par un boulon à clavette *b*, passant de part et d'autre dans des œillets, et de l'autre côté à la tige de sondage par un collier *c* à tête de boulon, dans lequel passe la barre de manœuvre D D.

« La tige taraudée *a* et l'étrier à manchon B permettent d'allonger les tiges d'une quantité égale à la longueur de la tige *a*, à mesure que le trou s'approfondit.

« Lorsque le manchon de la pièce B est arrivé au bas de la vis *a*, on allonge encore tout le système à l'aide de petites tiges en fer *d*, jusqu'à ce que l'augmentation de profondeur du puits exige l'addition d'une nouvelle tige en bois.

« Fig. 3. Vue d'une tige en bois de sapin. Chacune de ces tiges est armée, à ses extrémités, de coiffes en fer E, E assujetties par des frettes posées à chaud. Ces coiffes sont surmontées, d'une part, par une vis, et de l'autre par une douille taraudée pour l'assemblage des tiges entre elles.

« *La pince à déclic.* — *Fig.* 4 et 5. Vues, dans deux plans perpendiculaires, du trépan et de l'appareil à déclic qui le surmonte, et qui est vissé à l'extrémité inférieure de la longue ligne de tiges en bois.

e e, clapet circulaire, formé de deux rondelles en gutta-percha pressées entre deux disques en tôle de diamètre moindre par des écrous *i*, *i*. Ce clapet peut monter ou descendre d'une certaine quantité le long de la tige *f*, qui, en le traversant, va se terminer à deux platines en fer F, F parallèles et reliées entre elles à la partie supérieure par de fortes clavettes *g*, *g*, et dans le bas par un gros boulon G à tête carrée. C'est entre ces



platines que sont logées les branches *h*, *h* de la pince à déclic, ainsi que la tête *o* de la tige à coulisse qui surmonte le trépan H. Pour l'intelligence des choses, nous supposerons l'une des platines enlevée, afin de laisser voir le déclic, qui n'est visible qu'en traits ponctués dans la figure 4.

« Fig. 6. Vue de la pince à déclic, l'une des platines étant enlevée.

« Fig. 7. Coupe verticale passant par l'axe de la figure 6 et perpendiculaire à la surface des platines.

« Ces deux figures sont à une échelle double des figures 4 et 5. On voit le clapet *e e* muni d'une fourche à deux bras J, J, entre lesquels passe la tige *f* et qui peuvent glisser entre les deux platines F, F.

« Ces bras J, J portent, à leur partie supérieure, un renflement qui arrête le clapet au bas de sa course ; à leur partie inférieure, ils sont boulonnés à un collier *k* dans lequel passent les extrémités des deux branches d'une pince *k*, *k*.

« Les branches *k*, *k* sont fixées aux platines F, F par des écrous et boulons à vis *l*, *l* autour desquels elles peuvent se mouvoir ; elles sont, par le bas, recourbées en forme de crochet pour saisir la tête à champignon *o* qui surmonte la tige du trépan.

« D'un autre côté, la tige du trépan est formée d'une pièce plate à coulisse L L, glissant entre les deux platines F, F et se terminant à la partie supérieure par un renflement triangulaire ou champignon *o*, et à la partie inférieure par un pas de vis *m* se vissant au trépan proprement dit que nous décrirons tout à l'heure.

« Cela posé, le jeu du mécanisme est facile à comprendre. Au moment où la sonde descend, le clapet *e e*, poussé par la pres-

sion de l'eau, qui agit de bas en haut, est soulevé le long de la tige *f*. Par suite, le collier *k* se relève, et les deux branches *k*, *k*, forcées de se rapprocher par le haut, pivotent autour des boulons *l*, *l* et, s'écartant par le bas, laissent échapper la tête *o* de la coulisse du trépan. Cette coulisse est guidée dans sa course par le boulon claveté G, placé au bas des platines F, F. A peine le trépan est-il arrivé au fond du puits, que la pince à déclic vient le rejoindre, descendant ses crochets au-dessous du champignon *o*. Immédiatement après, les tiges de la sonde sont relevées, et le clapet *e e*, pressé par l'eau, qui, cette fois, agit de haut en bas, est forcé de s'abaisser et, par conséquent, de refermer les crochets de la pince *k*, *k*, qui remonte le trépan avec elle.

« Cette double manœuvre est longue à décrire, mais on comprend qu'elle doive s'accomplir rapidement, puisque, dans l'espace d'une minute et dans un terrain d'une dureté moyenne, elle se répète de quinze à vingt fois. On règle l'ascension du clapet *e e* à l'aide de la cheville *r*, dont on peut faire varier la position le long de la tige *f*. Dans les figures 6 et 7, le trépan est retenu par la pince ; dans les figures 4 et 5, on le voit venant de s'échapper et accomplissant sa chute.

« *Le trépan.* — *Fig.* 4 et 5, pl. 35. Il se compose d'une grosse masse de fer H, formant le corps de l'outil et terminée en forme de secteurs circulaires à ses deux extrémités. En dessous de cette masse viennent s'implanter un certain nombre de dents en acier trempé *n*, *n*, *n*, armées, chacune, d'une queue à œillet qui pénètre dans une ouverture, où elle est fixée et retenue par des chevilles en fer. Le nombre de ces dents varie avec l'appareil. Dans celui que nous avons représenté figures 4 et 5, il y en a sept, dont deux à chaque secteur. On



remarquera qu'elles ne sont pas placées symétriquement par rapport à l'axe de l'outil, afin que, dans la rotation qu'on lui fait subir pendant l'opération, elles n'agissent pas sur des circonférences concentriques et puissent attaquer le terrain sur tous les points de sa surface.

« Le corps d'outil H, ou râtelier, est solidement chevillé à une fourche M qui se prolonge en une tige N, terminée à sa partie supérieure par une douille taraudée dans laquelle vient se visser l'extrémité de la coulisse L L.

« La tige N porte deux renflements sur lesquels sont assujetties deux pièces de formes différentes P, Q agissant diversement sur les parois du puits : l'une, P, dont la direction est perpendiculaire à celle de l'outil H, est munie de deux dents obliques qui abattent les saillies que les dents *n*, *n* auraient pu laisser sur les parois du puits ; l'autre, Q, est formée de deux barres (*voir* le détail *fig.* 8) disposées à angle droit d'une manière invariable et dont les extrémités, recourbées dans le même sens, alèsent les parois à mesure que l'appareil descend.

« C'est l'ensemble de toutes ces pièces qui constitue le trépan et qui représente, y compris la coulisse L L, un poids de 1,800 kilogrammes environ.

« Les figures 15, 16 et 17, planche 36, indiquent un autre trépan modifié.

« *Appareils de manœuvre.* — L'extraction des tiges et du trépan est opérée en procédant ainsi qu'il suit :

« Supposons la machine à vapeur arrêtée, les deux ouvriers placés sur le plancher du puits approchent de la tête de la tige en bois un premier madrier S (*fig.* 12, pl. 34) muni de poignées à ses extrémités ; de l'autre côté et parallèlement, ils

en placent un second portant une plaque T, qui présente une fente dans laquelle ils engagent la tête de la tige au-dessous de sa douille; cette plaque vient reposer, par ses bords, sur le madrier S. (La figure 12 donne la vue de bout, le profil et le plan du madrier portant plaque.) Enfin, après avoir placé un troisième madrier semblable à S contre le madrier à plaque T et parallèlement à sa direction, ils saisissent le dessous de la douille de la tige dans la fente d'une pièce de fer plate à étrier qu'ils posent sur la plaque T, et ils enferment tout à fait la douille à l'aide d'une clavette. Les figures 15 et 16 représentent le profil et la vue de face de cette pièce de fer, qui, d'une part, est munie d'une poignée fixe *t*, et, de l'autre, d'une anse *v* allant d'une joue à l'autre et mobile autour des deux tourillons qui la fixent. La clavette est, comme on voit, retenue par une chaîne à la poignée *t*.

« Cela fait, les deux ouvriers, munis, chacun, d'une des clefs représentées figures 10 et 11, dévissent les petites tiges en fer *d* (*fig.* 1 et 2, pl. 35) et pendant que tout l'appareil reste suspendu dans le puits, retenu par la douille de la première tige, ils reculent le balancier et avec lui sa chaîne A et toutes les pièces *a*, B, C qui constituent le système d'attache. Immédiatement après, l'un des câbles plats descend du haut de la tour, et on l'accroche après l'anse *v* (pl. 34, *fig.* 15 et 16), on retire les madriers S, T (*fig.* 12), et le câble remonte emmenant avec lui trois longueurs de tiges à la fois, d'une hauteur totale de 30 mètres. Pendant ce temps, l'autre câble plat descend, et, lorsqu'il arrive au bas, on remet les madriers, et ainsi de suite jusqu'à ce que toutes les tiges soient sorties et qu'il ne reste plus que le trépan.

« Les figures 13 et 14 représentent, de face et de profil,



l'extrémité d'un des câbles plats formés, chacun, de trois tresses. L'anneau carré qui porte le crochet de suspension x mobile dans son œillet reçoit le bout du câble qui se relève et est serré contre le câble lui-même entre deux plaques de fer y, y fortement pressées à l'aide de brides boulonnées.

« Voici maintenant comment on sort le trépan:

« A la naissance de la tour qui surmonte le hangar sous lequel est établi le forage, c'est-à-dire sur le second plancher, se trouvent placés les deux chariots qui servent, l'un, à mettre de côté le trépan lorsqu'il est sorti du puits, et l'autre, à conduire la cuiller au canal de vidange. Ils roulent sur un chemin de fer dont l'axe passant par celui du puits se dirige perpendiculairement au grand axe du hangar.

« La figure 10, planche 35, représente le profil et le plan de l'un de ces chariots. Il se compose d'un cadre formé de quatre solides madriers et porté sur les essieux de deux paires de roues. Sur l'un de ces madriers, deux plateaux R, R sont fixés à l'aide de boulons à vis et d'écrous, autour desquels ils peuvent se mouvoir lorsqu'on veut rapprocher ou éloigner leurs extrémités opposées. Supposons donc toutes les tiges sorties et le trépan soutenu à son tour à l'orifice du puits comme l'ont été les tiges. On pousse alors l'un des chariots à l'aplomb du puits ; à l'aide de l'un des câbles disposé à cet effet, on élève l'instrument de manière que la tête de la tige qui le surmonte passe entre les plateaux R, R ; on rapproche alors ces plateaux contre la tige, qu'on entoure encore avec deux autres plateaux qu'on place perpendiculairement aux premiers, puis on saisit la tige en dessous de sa douille dans la fente d'une pièce de fer plate (*fig.* 11, pl. 35), par-dessus laquelle on en met une seconde (*fig.* 17, pl. 34) qu'on ferme par une clavette plate

retenue à la poignée par une petite chaîne. On décroche alors le câble, et l'outil, reposant solidement par sa douille sur l'ensemble des quatre plateaux, peut être roulé jusqu'à l'une des extrémités du chemin de fer.

« On procède à la descente de la sonde, en opérant de la même manière et dans un ordre inverse.

OUTILS DE CURAGE.

« La figure 9, planche 35 représente la cuiller ordinaire suspendue au bout de son câble rond. Maintenue au cadre de son chariot de la même manière que le trépan, on la roule facilement au-dessus du puits. La manœuvre consiste alors à retirer de dessous la douille *z* les pièces de fer qui la maintiennent et qui sont semblables à celles des figures 11, planche 35, et 17, planche 34, puis on ouvre les plateaux R, R de son chariot (*fig.* 10), et l'on n'a plus qu'à donner du câble pour que l'appareil descende.

U, cuiller (*fig.* 9). C'est un cylindre formé d'une feuille de tôle épaisse, dont les tranches sont assemblées sur une génératrice par une ligne de rivets.

V, cage cylindro-conique, composée de six tringles en fer montées verticalement autour de deux autres tringles horizontales sur lesquelles elles se recourbent à chaque extrémité pour former les deux sommets. Cette cage assure la verticalité de la cuiller pendant sa descente dans le puits.

« Fig. 3, planche 34. Vue extérieure du fond de la cuiller, formé des deux soupapes *u*, *u* montées sur charnières et s'ouvrant de dehors en dedans.

« Fig. 1. Section verticale de la cuiller par un plan passant par l'axe de suspension.

« Fig. 2. Autre section verticale par un plan perpendiculaire à celui de la figure 1.

« Les figures 1, 2 et 3 sont à une échelle double de la figure 9, planche 36.

X X (pl. 34, *fig.* 2), axe de rotation de la cuiller. Il traverse le cylindre au-dessous de son centre de gravité lorsqu'il est rempli.

Y, Y, brides de suspension formant anse. Elles sont boulonnées de chaque côté de la tige portant douille et descendant extérieurement le long de la cuiller, pour se terminer en deux anneaux dans lesquels passent les extrémités de l'axe XX.

Z Z (*fig.* 1), anse d'attache dont le plan est perpendiculaire à celui des brides Y, Y. Chaque branche, aplatie à son extrémité, est rivée à l'intérieur du cylindre, et le sommet, percé d'un œillet, vient s'engager, entre deux œillets correspondants, dans la fourchette *w* que porte l'extrémité de la tige à douille. On passe une clavette, et la cuiller est maintenue invariablement pendant sa descente; quand elle est remontée au jour avec sa charge, on n'a qu'à retirer la clavette, et le poids la fait aussitôt basculer autour de l'axe XX.

« La grande cuiller est construite et manœuvrée de la même manière que celle que nous venons de décrire; la seule différence consiste en ce que le cylindre de tôle a une hauteur double.

OUTILS D'EXTRACTION.

« Lorsqu'une des tiges en bois se casse pendant le cours de l'opération, ou qu'une dent du trépan, brisée ou détachée, vient à rester au fond du puits, on fait usage, pour les retirer,



de différents outils au moyen desquels on parvient, dans le plus grand nombre de cas, à ramener au jour les débris. Dans les circonstances, heureusement moins nombreuses, où leur emploi ne réussit pas, on n'a d'autre ressource que de briser l'obstacle à coups de trépan; mais ce dernier moyen ne doit être employé qu'à la dernière extrémité, quand il s'agit de broyer du fer ou de l'acier; car il entraîne toujours une grande perte de temps.

« Fig. 8 et 9, pl. 34. Élévation et plan de l'outil d'extraction le plus simple. La vue du dessin suffit pour en comprendre la forme; d'ailleurs il n'est pas d'invention nouvelle, et depuis longtemps il est employé dans les travaux de sondage. On sait qu'il agit par rotation, de manière à engager l'objet à retirer dans le col resserré qui se trouve au bas de la tige. Il a, à sa base, une largeur à peu près égale au diamètre du puits.

« Fig. 4 et 5. Vue de face et de profil d'un autre outil d'extraction. Il se compose, d'une part, de deux pièces de fer α, α, parallèles, formant coulisse et munies, à leur partie supérieure, d'un étrier mobile γ dont les branches sont maintenues dans des anneaux.

« D'autre part, la tige en fer β, qui se visse à l'extrémité des tiges en bois, traverse la coulisse α α dans laquelle elle peut glisser, et vient se boulonner en ω à un système de deux bras articulés δ, δ ayant la forme d'un 8 et terminés chacun, à leur extrémité, par une fourche à cinq dents.

« Les deux bras δ, δ portent quatre articulations dont trois sont mobiles, et la quatrième, θ, est boulonnée d'une manière invariable à la coulisse α α.

« Voici la manière dont fonctionne l'appareil : après avoir attaché à l'étrier γ une corde d'une longueur un peu moindre

que la profondeur du puits, les articulations étant fermées, on descend tout le système. Arrivée vers le fond, la coulisse suspendue à la corde arrête sa descente, tandis que la tige, continuant sa marche, pousse le point ω vers le point θ, et les deux fourches s'ouvrent sur toute la largeur du puits, comme la figure le montre en traits ponctués. Quand on relève l'appareil, le point ω remonte, les articulations se ferment, et les deux fourches, en se rapprochant, saisissent l'objet à retirer et le ramènent au jour.

« Afin que l'appareil conserve toujours une position verticale pendant sa marche, il est muni d'un cadre rectangulaire ρ ρ, dont les longs côtés sont égaux au diamètre du puits et qui est maintenu de chaque côté de la coulisse α α par deux barres inclinées.

« Fig. 6 et 7. Outil spécialement employé pour retirer les tiges cassées. Il se compose d'un tronc de cône en tôle mince, rivé à un collier que deux bras de fer λ, λ viennent relier par des chevilles à la tige qui porte douille.

« Ces deux bras sont, en outre, serrés contre la tige par une bride σ sur laquelle, et dans un plan perpendiculaire à celui des bras λ λ, reposent les bords recourbés de deux branches, dont les extrémités inférieures descendent jusqu'à l'entrée du tronc de cône.

τ, τ sont ces branches; elles forment crémaillères, et leurs dents, en regard les unes des autres, sont tournées vers le haut. Le collier σ leur donne assez de jeu pour qu'elles puissent jouir d'une élasticité capable de les faire écarter sous un faible effort.

« Lorsqu'une tige est cassée, on descend l'instrument dans le puits de la même manière que les autres (on a eu soin, préalablement, de mettre entre les branches τ, τ un morceau de bois

qui les tienne écartées); on imprime une rotation de manière à ce que la tête de la tige cassée puisse s'engager dans le tronc de cône. Une fois engagée, et l'instrument descendant toujours, la tige cassée pénètre forcément entre les branches τ, τ, pousse le morceau de bois qui les tenait écartées, et se trouve prise entre elles de telle sorte que, lorsqu'on remonte l'appareil, les crémaillères la serrent et la mordent de façon qu'elle est ramenée au jour sans pouvoir s'échapper.

« On se rappelle la convention intervenue entre la ville de Paris et M. Kind, et dont nous avons donné les principaux termes dans la première partie de notre travail. Parmi les conditions imposées se trouve la suivante :

« Le puit sera descendu de 25 mètres au moins dans la couche « aquifère des grès verts, située, en moyenne, à 550 mètres « au-dessous du sol de la plaine de Passy, et devra être garni « d'un cuvelage en bois de chêne formant tube de retenue. »

« En attendant le tubage définitif, on sait que, par suite des éboulements survenus d'abord dans une couche de sable située au-dessous du calcaire grossier et ensuite dans les argiles recouvrant la craie, il a fallu placer un tubage provisoire en tôle dans la partie supérieure du puits jusques à la craie. Depuis là, le forage a été continué sans qu'il se présentât de nouveaux éboulements[1], et l'on a commencé à préparer les tubes ou cylindres en bois destinés au tubage définitif. Ce travail se fait dans un atelier spécial situé près de la forge.

« La figure 18, pl. 36, représente une section verticale de deux cylindres avec leur mode d'assemblage, ainsi qu'une section

[1] Depuis la publication de ce mémoire, l'écrasement de ce tubage en tôle a occasionné un accident dont la réparation a exigé plus de deux années.



horizontale par un plan perpendiculaire à l'axe et passant par la ligne I, II.

« Les cylindres sont en bois de chêne de choix, composés de douves taillées en forme de voussoirs. Lorsque ces douves sont préparées, on les ajuste par demi-cylindres sur deux formes parallèles disposées sur un établi, et on les arrondit extérieurement sur le tour.

« Ces cylindres sont réunis bout à bout et assemblés solidement par un manchon épais $\mu\mu$, noyé dans l'épaisseur du bois et portant moitié sur un tube et moitié sur l'autre. L'entaille circulaire dans laquelle ce manchon est placé se pratique au tour, les douves étant provisoirement réunies par des colliers qu'on serre fortement avec des boulons.

« La couche aquifère se trouvant à 550 mètres environ au-dessous du niveau du sol, et le tubage devant pénétrer de 25 à 30 mètres dans cette couche, il faudra préparer environ 580 mètres de tubes; or le mètre courant revenant (pose comprise) à 95 fr., le cuvelage du puits coûtera à peu près 55,000 fr., si toutefois il n'arrive pas d'accident.

« On commencera à descendre les tubes un peu avant d'atteindre la couche aquifère; pour cela, le premier tube sera armé d'un sabot en forme de biseau qui permettra au système de s'enfoncer plus facilement. En outre, la partie du tubage qui restera plongée dans les grès verts sera percée de fentes longitudinales et minces sur toute la surface du cylindre, de manière à présenter une espèce de lanterne capable de recueillir la plus grande somme possible de filets liquides. »

Nous ajouterons peu d'observations à cet extrait du compte rendu de M. Maurice, à la Société d'encouragement, qui donne très-exactement la description et le jeu des appareils employés

à Passy. Nous avons évité la reproduction de certaines appréciations que nous eussions pu réfuter; le temps écoulé depuis 1855 jusqu'en 1860 et les énormes dépenses de la ville de Paris pour ce travail monté avec tant de luxe en ont suffisamment fait justice, et il reste démontré que le système de M. Kind, quelque ingénieux qu'il soit, peut éprouver des obstacles au moins tout aussi sérieux que les autres.

Aujourd'hui le brevet de M. Kind est tombé dans le domaine public; si nous trouvions avantage à nous servir de son procédé, nous n'hésiterions pas; mais nous devons avouer que nous conservons une plus grande confiance dans le système que nous appliquons depuis sept ou huit ans à nos grands travaux, et dont nous tâcherons de faire ressortir les avantages dans la description que nous en donnons plus loin. Si depuis quinze ans, avec les circonstances les plus heureuses, le concours puissant et enthousiaste de certains savants, M. Kind n'a pu anéantir la concurrence que d'autres sondeurs ont pu lui faire assez victorieusement, c'est qu'évidemment l'industrie privée ne rencontrait pas dans la pratique les avantages énoncés par une théorie séduisante.

Nous ne connaissons guère qu'une grande ville comme Paris, ou de grandes administrations comme celles de Styring ou du Creusot, qui puissent mettre à la disposition d'un sondeur les sommes énormes nécessaires à l'installation de si gigantesques appareils, et à la poursuite aussi opiniâtre de pareils travaux.

Nous restons convaincus que, pour juger du mérite réel d'un système, trois éléments doivent toujours être introduits dans les calculs :

1° Difficultés du travail à accomplir, en distinguant celles



qui sont réelles de celles qui ne proviennent que d'idées aventureuses, destinées plutôt à éblouir le vulgaire qu'à une nécessité incontestable;

2° Frais et disposition des moyens d'installation;

3° Temps et argent employés.

Si les deux derniers éléments prennent des proportions énormes et illimitées, nous n'avons plus qu'une très-faible admiration pour le premier, lors même qu'il est couronné d'un beau succès.

Nous devons encore signaler, parmi les instruments employés par M. Kind, son trépan élargisseur. Nous en empruntons la description et les figures à l'appendice du *Traité d'exploitation* de M. Combes, toutes les descriptions nouvelles n'en étant que la reproduction. Ce trépan est représenté planche 36, figures 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7.

« Le bas du trépan ne présente rien de particulier. Dans la partie élargie et aplatie qui est au-dessous du pas de vis, on a pratiqué deux entailles, une de chaque côté, dans lesquelles sont logés deux trépans *r*, *r'*, mobiles autour d'un boulon à vis qui traverse les joues de l'entaille. Ces trépans, qui remplacent les trépans transversaux équarrisseurs fixes *x* et *x'* des figures 1 et 2, peuvent se loger dans des vides ménagés sur les bords de l'entaille, de manière à ne pas faire saillie (*fig.* 3). Ils peuvent aussi se développer (*fig.* 4), et alors leur largeur réunie est plus grande que celle du trépan. L'outil peut passer dans les tubes de retenue, lorsque les trépans *r*, *r'* sont logés dans leurs entailles. Pour les ouvrir en dessous des tubes de retenue, M. Kind a imaginé de relier chacun d'eux à une petite tige en fer rond *w*, *w'*, terminée par un anneau. Ces pièces sont appliquées comme les deux trépans, une contre chaque

face de l'outil aplati. Deux bouts de corde de 2 à 3 mètres de long sont passés dans les anneaux qui terminent les tiges w, w', et sont amarrés par l'autre bout à deux saillies placées sur les faces correspondantes de la grosse tige de la sonde (*Bohrstange*), à 2 ou 3 mètres au-dessus de la douille O. Avant d'introduire ce trépan dans les tubes de retenue, on lie, avec des bouts de corde secs, les trépans mobiles r et r' aux points fixes sur la tige, de manière à ce que les cordes ne soient point tendues, et que les trépans restent logés dans leurs entailles. Une fois que l'instrument est plongé dans l'eau, les cordes se raccourcissent en se mouillant; elles tirent sur les trépans, les font ouvrir et les maintiennent ouverts. Les trépans mobiles, étant arrondis par-dessus, rentrent, en forçant un peu, dans les tubes de retenue, quand il faut relever la sonde. Quand les trépans sont ouverts et fonctionnent, ils s'appuient contre un épaulement supérieur ménagé dans l'épaisseur de la partie massive; et comme leur saillie est toujours assez faible, le boulon autour duquel ils tournent est peu fatigué. Deux platines y, y', fixées à la partie massive par deux boulons à têtes et écrous noyés dans l'épaisseur du métal, recouvrent les parties aplaties des trépans, et maintiennent en place le boulon autour duquel ils tournent. Les précautions prises par M. Kind contre la rupture du tenon à vis ou le dévissage du trépan consistent en deux bandes de fer plat et mince i, i' (*fig.* 1 et 2) fixées par des boulons à vis sur les deux côtés de la tige de la sonde, ayant 1 mètre à 1^{m}.50 de longueur. Au bas de ces pièces i, i', sont liées à charnière deux autres pièces de fer plat j, j', qui se rabattent sur les joues du trépan. Ces pièces portent chacune une assez longue entaille rectangulaire (*fig.* 1). Elles sont serrées contre le trépan propre-



ment dit par un boulon à grosse tête qui traverse la masse du trépan et un écrou. Il est évident que les bandes de tôle *ii'*, *jj'* ne sont pas fatiguées par le battage tant que tout est en ordre. Mais si le tenon venait à se rompre, elles retiendraient le trépan. Elles s'opposent aussi au dévissage.

« La figure 7 représente les pièces de l'extrémité inférieure de la sonde assemblées entre elles, avec les sections horizontales en divers points de la hauteur et les cotes métriques. »

Cet instrument, comme on le voit, présente des dispositions qui rappellent celles de quelques-uns de nos élargisseurs. Ici les cordes remplacent des ressorts, et nous n'y voyons pas un avantage réel. On apprécie mieux, nous le croyons, l'effort constant d'un ressort métallique, que l'effet plus ou moins vigoureux du retrait sur une corde mouillée, plus ou moins tendue ou plus ou moins longue.

Le système de fixation des emmanchements ne nous paraît pas non plus préférable à ceux que nous avons décrits. Comme on le voit, les emmanchements de M. Kind sont coniques et laissent toujours un certain nombre de filets à découvert; les pièces de fer *j* et *j'* sont fixées par des vis et boulons sur les deux parties (mâle et femelle) de l'emmanchement à réunir. Les génératrices suivant lesquelles s'appliquent ces deux bandes doivent donc se correspondre perpendiculairement sur chaque emmanchement. Il peut en être ainsi au début; mais au bout de peu de temps il est évident que, par suite de l'usure des filets, il n'en sera plus de même; il faudra donc percer de nouveaux trous pour placer régulièrement ces deux bandes, ou que l'emmanchement, au lieu d'être serré à refus, reste libre dans sa position primitive; ces deux moyens sont vicieux.

Dans le cas où pour arriver au même but, moins la préten-

tion de retenir la partie brisée, en cas d'accident, nous goupillons nos emmanchements, il nous arrive ceci : c'est que bien que les parties viennent se visser à refus sur une embase qui les empêche de varier facilement, quelquefois, après un usage prolongé, le vissage se prolonge un peu plus loin qu'au début ; alors les trous du goupillage ne se rencontrent plus. Mais comme il est difficile que la différence soit jamais bien sensible, il suffit d'une simple rondelle en fer-blanc placée entre les deux parties pour corriger cette légère usure. Il semble impossible, avec les emmanchements non limités de M. Kind, de pouvoir recourir à un moyen analogue.

Après ces descriptions et les planches qui les accompagnent, nous croyons que nos lecteurs seront suffisamment édifiés sur un système tant préconisé, il y a quelques années surtout. Loin de nous la pensée de vouloir nier par des critiques inutiles l'idée ingénieuse d'opérer le décliquetage du trépan au moyen de l'eau, mais aussi celle qu'en dehors de ce procédé et partout on ne peut obtenir de bons résultats.

De même que, contre nos convictions, nous avons, avec M. Lechatellier, expérimenté de nouveau le sondage à la corde des Chinois, de même, nous prêterons-nous de bonne grâce à tout désir qui nous serait manifesté d'employer, en le modifiant ou non, l'outillage de M. Kind.



APPAREIL A CHUTE LIBRE OU DÉCLIC AU MOYEN DE LA RÉSISTANCE D'UN POIDS MORT COUPLÉ AU TRÉPAN

SYSTÈME QUE NOUS EMPLOYONS DEPUIS 1853 DANS NOS SONDAGES PROFONDS.

Nous avons vu que jusqu'à des profondeurs de 2 à 300 mètres la sonde ordinaire avec la simple coulisse d'Œynhausen pré-

sentait, bien employée, d'assez grands avantages au point de vue de l'économie et de la facilité des manœuvres.

Passé cette profondeur, ou même avant, si les sondages doivent pénétrer dans des terrains très-durs, on doit avoir recours évidemment à d'autres procédés, si l'on veut marcher rapidement.

M. Kind ayant pris l'eau comme agent de son système, et étant breveté alors, il nous devenait difficile d'avoir recours à cet élément, dont il avait su tirer si bon parti, sans tomber plus ou moins dans son domaine; il fallait donc s'en écarter. Une circonstance d'ailleurs nous frappait dans l'appareil de M. Kind, et nous semblait en certaines circonstances devoir paralyser son jeu. Pour que le disque agisse avec assez de régularité et d'énergie, il est à peu près nécessaire qu'il remplisse le rôle d'un piston manœuvrant dans un cylindre, avec un jeu déterminé pour le passage de l'eau. Or, tant que ce disque se trouvera dans des tubes, ou dans une roche solide, présentant des parois régulières, évidemment les fonctions qu'il doit remplir s'accompliront sans difficulté. Mais si l'on admet, ce qui arrive souvent, que les terrains à traverser sont tendres, fragiles ou déliquescents, le remous inévitable de l'eau produit par le mouvement du disque aura pour résultat de dégrader les parois du trou de sonde et de l'élargir. Les parois en se dégradant pourront provoquer sur l'outil la chute de fragments assez volumineux pour le coincer fortement, ou tout au moins pour encombrer rapidement le fond. Mais en dehors de cet inconvénient, le trou élargi ne remplira plus les conditions voulues d'un cylindre, et le disque, agissant dans un espace irrégulier et plus ou moins grand, ne rencontrera plus sur l'eau, pouvant se mouvoir et se déplacer facilement, une résistance voulue pour le soulever et lui faire

ouvrir les pinces. C'est effectivement ce qui a lieu, et quoique nous ayons vu rarement fonctionner le système, nous avons été plusieurs fois témoins de ce fait. La sonde montait et descendait très-régulièrement, mais sans abandonner l'outil percuteur. Avec une grande habileté de la part du directeur de sondages, quelques modifications au taillant du trépan, selon la dureté de la roche, et aux pinces, pour les rendre plus sensibles aux mouvements du disque, on remédie quelquefois en partie à cet inconvénient, mais jamais d'une manière complète.

Ce sont ces motifs plus ou moins bien fondés qui, aujourd'hui que ce système est tombé dans le domaine public, nous le font rejeter.

Nous avons été plusieurs années avant que des travaux assez importants et dans des terrains variés nous permissent d'expérimenter en grand et d'une manière convenable le nouvel appareil que nous allons décrire. Ce n'est que lorsqu'en raison des travaux accomplis avec son secours et des perfectionnements que la pratique lui a fait subir, nous avons été complétement sûrs de son efficacité, que nous l'avons soumis à l'examen des jurys de l'Exposition universelle de 1855, et que nous l'avons décrit d'une manière complète (Mémoires de la Société des Ingénieurs civils, mars 1857).

Nous n'avions pas voulu parler plus tôt des résultats que nous en obtenions, parce que nous redoutons toujours cette réputation anticipée que la mode octroie, quelquefois trop facilement, à un appareil nouveau, pourvu qu'il promette tant bien que mal la solution d'un problème, convaincus que nous sommes, qu'en fait de sondages, l'expérience seule répond à tout, et que la théorie n'est encore souvent qu'un rêve, ne trouvant à s'établir que sur des bases aussi incertaines que variables.

Nous ne voulons certes pas dire que le flambeau de la théorie soit à dédaigner; mais sur le sujet qui nous occupe il peut éblouir, et, comme l'ignorance, entraîner dans le domaine des projets les plus fantastiques et quelquefois les plus inexécutables.

Les nouveaux procédés sont toujours très-difficiles à introduire; quelque supérieurs qu'ils soient par leur simplicité ou leur précision, ils ont à lutter contre la routine des ouvriers appelés à les mettre en œuvre, et qui, les comprenant difficilement, sont toujours disposés à les rejeter. L'éducation des hommes est rendue encore plus difficile et plus lente par la division des travaux et leur éloignement les uns des autres. Dans une fabrique ou un atelier concentré sur un seul point, une fois un principe reconnu bon et admis, un enseignement mutuel le propage rapidement. Il ne peut en être ainsi des instruments de forage. De là résulte que l'industriel qui lutte seul et avec ses propres ressources est souvent trop prudent, trop timide même, lorsqu'il s'agit d'expérimenter un appareil nouveau. Cette crainte lui constitue quelquefois une infériorité apparente, plutôt que réelle, sur celui qui, disposant de la bourse d'autrui, ouverte et bien garnie, a toute facilité pour faire des essais dont il profite s'ils sont bons, et dont il ne peut être victime s'ils ne répondent pas aux espérances qu'il avait fondées sur eux. On apprécie quelquefois mal, nous le croyons, cet esprit de prudence qui fait rechercher, avant d'entreprendre un travail, l'analyse complète des faits qui peuvent ou doivent se rencontrer, leur nature et la force des obstacles qu'ils présenteront et qu'il faudra surmonter.

C'est ainsi que beaucoup de nouvelles méthodes ont surgi et surgissent chaque jour. Séduisantes en théorie, fonctionnant

même fort bien en petit, elles s'érigeaient au début en principes universels; puis plus tard, après quelques heureux commencements, suivis pour la plupart de déceptions, elles ont croulé et n'ont pu se généraliser, bien que pourtant chacune d'elles contînt réellement quelques bons éléments.

Ces méthodes ont eu le plus souvent le tort de se baser sur une homogénéité de terrain qui n'existe pas, ou est très-rare, tandis que le cas contraire domine et oblige de modifier les instruments, ou système de les mettre en œuvre, puisque la nature ne peut changer. Quelquefois tout reposait sur le concours de l'eau, élément très-variable, dans ses allures, à travers l'écorce du globe. Des aimants ont été proposés soit pour opérer des chutes libres d'instruments percuteurs à de grandes profondeurs, soit même pour le retrait d'outils brisés; des essais ont été faits, mais nous n'avons pas connaissance de succès bien constants obtenus sur ces principes.

Plusieurs de ces inventions paraissaient pourtant assez sérieuses pour être l'objet de succès académiques; poser, à leur apparition, un doute sur leur valeur ou sur la certitude de leur efficacité, eût été s'exposer à tous les sarcasmes que l'on jette avec raison à ceux qui s'abandonnent à la routine.

Cette digression est peut-être un peu longue, mais nous la croyons utile.

COULISSE AVEC TRÉPAN OPÉRANT EN CHUTE LIBRE.

La première idée de cet instrument consistait en un trépan long de 6 à 7 mètres, du poids de 4 à 500 kilogrammes (pl. 30 *bis*, *fig*. 10 et 11).

Il était formé à sa partie inférieure A, A′ d'une lame très-forte percée ou divisée en deux parties pour laisser passer librement,

dans son milieu, l'extrémité d'une tige B, B′, se prolongeant presque jusqu'au sommet D, D′, formé de la réunion des deux tiges C C, C′ qui composent le fût ou corps de ce trépan.

Le poids de la tige E'B, EB devait être de 80 kilogrammes environ; elle était cylindrique à ses deux extrémités sur une longueur de 1 mètre environ et se trouvait renfermée entre les deux branches C C, C′, où elle glissait librement. A sa partie supérieure E, E′, elle se terminait par un renflement en forme de coin dont la partie large était dirigée vers le haut. Étant complétement indépendante, cette tige, en vertu de la force d'inertie que lui donne son poids, reste toujours appuyée sur le fond, et nous verrons que c'est par cette cause que nous obtenons à son sommet le point de résistance qui nous est nécessaire pour opérer le décliquetage, et par suite la chute libre du trépan.

Ceci étant bien entendu, que l'on s'imagine une coulisse située à la partie inférieure des tiges de sonde et formée de deux joues F, F″ F′, réunies au sommet à l'emmanchement des sondes, et au bas par deux entretoises *g′g*, *hh′*, percées l'une et l'autre d'un trou dans lequel glisse librement la partie cylindrique supérieure de la tige centrale. L'entretoise supérieure *g′g* porte de chaque côté un cliquet à charnière, ou pince, terminé par deux branches assez longues, semblables au déclic de certaines sonnettes à enfoncer les pilotis. L'entretoise inférieure *h′h* sert de guide et porte deux ressorts qui tendent à tenir les deux cliquets écartés.

Maintenant, si on dente intérieurement les deux branches du trépan dans la partie parcourue par la coulisse de manière à permettre aux cliquets de s'engrener dans cette denture, on aura une idée complète de l'outil.

Pour la manœuvre, laissant descendre les tiges de la quantité dont on veut soulever le trépan, la coulisse, avec ces cliquets, descend un nombre de dents équivalent à la longueur de la course que l'on a donnée à la sonde, et ses cliquets s'engagent dans la denture du trépan, de telle façon que celui-ci puisse être soulevé.

Lorsque la sonde sera enlevée, le trépan uni avec elle suivra jusqu'au moment où les branches des pinces ou cliquets viendront rencontrer le coin qui termine la tige centrale; là, elles seront obligées de s'écarter, et par suite les dents, forcées de sortir de la denture du trépan, abandonneront celui-ci, qui tombera en chute parfaitement libre.

Il est bien entendu que tout ce système, dans un terrain ébouleux, doit être enveloppé de tôle, surtout dans les parties où les détritus pourraient paralyser le jeu de l'instrument. Le trépan doit être à oreilles, de manière à équarrir les aspérités qui pourraient échapper à une lame simple.

Le petit témoin laissé sous la tige centrale disparaît écrasé ou brisé par la légère trépidation que chaque effort opéré par le décliquetage transmet à la tige. Cette tige, d'ailleurs, suit le mouvement de rotation imprimé au trépan et est dentée et acérée à sa base.

Dans le cas où le sondage se ferait avec un découpeur circulaire (pl. 23, *fig.* 9, et pl. 30, *fig.* 2), la tige centrale pivoterait sur le témoin, si toutefois on ne jugeait pas à propos de la garnir elle-même de son pivot, qui reposerait sur la tête du témoin. A mesure que celui-ci prendrait de la longueur, la course de la coulisse diminuerait; mais comme on peut la faire assez longue, cet inconvénient ne présente pas de gravité.

Le poids mort pourrait aussi, dans les sondages à grands

diamètres, être combiné avec des soupapes qui enlèveraient une partie des détritus à mesure qu'ils se formeraient.

On peut aussi modifier cet appareil en supprimant l'un des cliquets et son ressort; il suffirait alors de denter une seule branche et, à la place du cliquet et du ressort supprimés, mettre deux galets qui rouleraient sur la branche lisse.

Cet instrument fonctionne bien; mais l'usure inévitable que le terrain amène dans les ajustements de la tige centrale nécessite des réparations assez coûteuses. Aussi y avons-nous renoncé pour adopter définitivement les dispositions suivantes, fondées sur le même principe.

Dans ce second appareil (pl. 30 *bis*, *fig.* 3 et 4, 5 et 6), la tige BB, B′B′, formant le poids mort qui opère le décliquetage, au lieu d'être placée au centre de l'instrument, a été mise sur le côté sans provoquer, par cette position en dehors de l'axe, le plus léger inconvénient. Dans le principe, nous guidions la tige additionnelle à la lame du trépan; plus tard, nous avons reconnu que cette précaution était inutile, et qu'il suffisait des bagues *o,o,o,o*, qui la maintiennent à la maîtresse tige, et de la glissière qui enveloppe, au sommet, la coulisse. Cette glissière porte intérieurement deux renflements, qui forcent les cliquets à s'ouvrir et à abandonner la tête K formant la partie supérieure de la coulisse vissée à la grosse tige qui porte le trépan. La coulisse, dessinée plus en détail figures 15 et 16, se visse sur une maîtresse tige D (*fig.* 4 et 5), à laquelle on donne, ainsi qu'au trépan T, les dimensions nécessaires pour former tout le poids utile que l'on veut employer à la percussion. La hauteur de chute dépend de la distance qui existe entre les pinces et le chapeau de décliquetage, au moment où le trépan et la petite tige additionnelle sont tous deux sur le

fond. Chaque fois que l'on veut varier cette course, il suffit de dévisser en B la partie inférieure de la tige additionnelle et de la remplacer par une autre plus longue ou plus courte. Une hauteur de chute de $0^m.30$ à $0^m.35$ est une moyenne qui convient à une bonne percussion sur presque tous les terrains. Elle peut varier, du reste, d'après la construction de l'outil, entre $0^m.20$ et $0^m.60$.

Comme on le voit par les figures, toutes les dispositions matérielles de la coulisse sont à peu près identiques à celles de la coulisse de M. Kind. Il n'y a de complétement différent que le principe du décliquetage.

Pour la descente de la coulisse dans le forage, il est bon de l'embrayer au moyen d'un taquet de sûreté placé en jj' sur la tige du poids mort, et que l'on introduit, par la mortaise I I' I'', derrière la branche supérieure d'un des crochets, pour les empêcher de s'ouvrir et de lâcher le trépan ; sans cela, un arrêt, une butée quelconque dans le sondage venant momentanément retenir l'instrument, il résulterait, au moment où l'obstacle cesserait, une chute de l'outil dans le vide, ce qui produirait un choc capable de provoquer le bris des tiges et la chute de tout le système au fond du forage. (Nous ne voyons aucune précaution de ce genre dans l'appareil de M. Kind.)

Lorsque l'instrument arrive à fond, l'extrémité inférieure de la tige du poids mort précédant le trépan touche le fond, reste immobile, tandis que celui-ci, continuant sa marche, force le taquet à se dégager et à prendre une position verticale, dans laquelle le maintient un ressort d'acier muni d'un petit bouton, qui se loge dans un trou que le taquet porte à cet effet. De cette manière, il rend toute liberté au jeu du système.

La partie supérieure de la sonde qui surmonte la coulisse peut être, suivant le diamètre du sondage et la nature du terrain, en fer plein ou creux, ou bien en bois, et de la grosseur la plus convenable; mais, quelle qu'elle soit, pouvant toujours être totalement équilibrée, et ne jouant plus qu'un rôle analogue à celui des tringles de pompe qui n'opèrent que par traction, elle n'a plus à redouter, comme dans la sonde ordinaire, les effets de la trépidation, si désastreux sur la qualité du fer, et cause des bris fréquents; elle ne provoque plus le remous de l'eau sur les parois du sondage, ce qui, avec le fouet des tiges, produisait des excavations dans les terrains tendres, déterminait des éboulements; enfin elle ménage également les colonnes de retenue.

Un des plus grands avantages de ce système est de pouvoir faire usage de tiges solides en fer, permettant toujours les efforts énergiques que nécessitent quelquefois les accidents et certaines manœuvres de tubage et de détubage, etc.

La mise en marche de la sonde est simple : un balancier AB (pl. 39, *fig.* 1re) supporte du côté A les tiges de sonde, et du côté B un contre-poids équilibrant ; une bielle *c*, mue par un plateau-manivelle ayant plusieurs courses, communique le mouvement au balancier.

La disposition du poids équilibrant peut varier à l'infini : un second levier placé sous le sol peut s'accoupler avec le levier principal dans le cas où la masse du contre-poids devient très-forte. Un cylindre à air peut encore être employé. Si le sondage est activé par une machine à vapeur, on peut envoyer la vapeur se détendre dans un cylindre disposé *ad hoc*. Jusqu'ici nous n'avons fait usage que du second levier, cette disposition étant la plus simple.

Comme mouvement on voit que rien n'est plus facile : la même machine qui met en activité le treuil de relevée des tiges, au moyen d'un simple embrayage placé en E (*fig.* 2) sur l'axe de transmission, peut servir également à transmettre au plateau le mouvement circulaire continu nécessaire au battage. Ce mouvement circulaire, au moyen de la bielle et du balancier, se trouve transformé en mouvement rectiligne alternatif. Dans la figure 2 on a supprimé le balancier qui eût masqué une partie de la machine.

La même machine, par une poulie placée entre le volant et le bâti du treuil, donne également le mouvement au treuil à corde pour le nettoyage.

Lorsque le travail se fait à bras, on peut se servir du petit engin additionnel décrit précédemment et figuré planche 29. Ainsi que nous l'avons dit, il peut également recevoir son mouvement d'une machine à vapeur au moyen d'une courroie; avec ce secours, tous les anciens appareils de sondage peuvent appliquer le système à chute libre.

Au fur et à mesure de l'approfondissement, il devient nécessaire de prolonger la sonde, de telle sorte que, une fois la hauteur de chute adoptée, le balancier oscille toujours avec une amplitude constante. On y arrive au moyen de la suspension à vis (pl. 30 *bis*, *fig.* 1 et 2). On reconnaît facilement que la sonde devient trop courte, et qu'alors il faut donner de la vis : les crochets ne soulèvent plus le trépan avec la grosse tige; alors, si le travail se fait avec la machine, la vitesse de celle-ci augmente instantanément ; dans tous les cas, le chef sondeur, qui se tient au manche de manœuvre, ne peut plus donner à la sonde son mouvement de rotation; on reconnaît aussi de suite quand on a trop lâché de vis, car l'extré-

mité inférieure des deux joues qui enveloppent la coulisse proprement dite vient toucher sur les butées *z* et *z'* (*fig.* 5 et 6), qui appartiennent à la partie de la coulisse se vissant sur le trépan ou sur l'outil percuteur. Le sondeur doit donc porter toute son attention à ce que ce choc, quelque léger qu'il soit, n'ait pas lieu; car au moment où il se produit, la sonde entière reposant au fond, la bielle et le plateau-manivelle portent toute la charge des contre-poids équilibrants, ce qui détermine des chocs dans l'engin de manœuvre et amène la rupture de plusieurs de ses pièces. Ainsi, l'appareil est réglé de manière que le chef sondeur sait si l'accrochage se fait bien; alors, si l'oscillation donnée au levier est suffisante pour que les crochets, en montant, viennent s'engager dans le chapeau du poids mort, ceux-ci s'ouvriront et détermineront, par suite, la chute libre du trépan. La mise en marche de ce système s'accomplit sans choc et sans bruit, dans les conditions de mouvement les plus convenables. Bien que futile en apparence, cette absence de bruit dans un sondage a de grands avantages.

Au diamètre de 0m.16, comme dimension du forage, s'arrêtent tous les avantages que l'on peut recueillir de la coulisse à chute libre. Sa construction, au diamètre de 0m.12 qui suivrait, devenant trop délicate pour que l'on puisse obtenir une solidité convenable des pièces qui la composent, il est donc nécessaire de commencer un sondage sur des dimensions suffisantes, pour qu'en fin de travail on ait encore un diamètre assez grand pour son emploi.

Enfin, on peut aussi dans cette seconde coulisse, comme dans la première, supprimer un des crochets; mais nous craignons que cela ne donne une chûte en porte-à-faux ce-

pable d'amener quelques détériorations dans le mécanisme, et d'ailleurs cela ne présente que fort peu d'économie dans la construction.

Dans le cas où l'outil percuteur est un découpeur pour échantillon en colonnes, la tige du poids mort descend entre les deux tubes (pl. 23, *fig.* 9), ou dans le creux de la cornière (pl. 30, *fig.* 2) et l'espace laissé libre entre deux branches.

Pour donner une idée des bons résultats qu'on obtient avec ces appareils, nous citerons deux des premiers sondages exécutés avec la coulisse à chute libre.

Le sondage de la Motte-Saint-Jean, près Digoin (Saône-et-Loire), entrepris par une société formée en partie par des ingénieurs des mines du Nord[1], a été conduit dans les grès bigarrés du bassin du Creusot, jusqu'à 300 mètres, avec la sonde ordinaire, et de 300 à 356 mètres avec l'appareil à chute libre, dans un terrain d'une dureté moyenne, dont on peut voir des échantillons dans la galerie de géologie du jardin des Plantes et dans celle du Conservatoire des arts et métiers. Ce sondage, qui n'a nécessité de tubes que pour les 44 premiers mètres, a coûté 48,000 fr.; on a mis deux années pour l'exécuter. Lors de son arrêt, l'avancement était aussi facile et aussi rapide qu'à 50 mètres, et rien ne fait supposer qu'il eût dû se ralentir beaucoup, si ce n'est par le temps nécessaire au relèvement d'une sonde plus longue. Ce prix comprend tous les frais qui se rattachent à l'opération, tels que voyages

[1] MM. Bouchet, ingénieur des mines de Marles, de Bracquemont, ingénieur des mines de Vicoigne et de Naud, Glespin, ingénieur des mines du Grand-Hornu (Belgique), Rendu, ingénieur des mines de Bully, Lamborot, ingénieur des mines de Bruay, etc.

du personnel, transports du matériel, construction d'une chèvre et d'une baraque, pose d'une machine à vapeur avec sa chaudière et son fourneau, creusement d'un puits d'alimentation, paye du personnel, entretien et réparation du matériel, etc., etc.

Le sondage de Rosières, près Decize (Nièvre), exécuté pour le compte de MM. Pereire, Boigues, Rambourg et Cie, a duré seize mois. Il a été poussé jusqu'à 416m.20 à travers les marnes irisées, les grès bigarrés et le terrain houiller. Dans ces seize mois nous comprenons deux mois environ passés à attendre la fourniture d'une colonne de retenue de 350 mètres de longueur, construite par les forges d'Imphy. Il a coûté 47,000 fr., en y comprenant, comme pour le sondage de Digoin, tous les frais quelconques et même le prix total d'un tubage important. Sans la nature essentiellement ébouleuse de ce terrain, la marche eût été encore plus rapide. (*Voir* les coupes de ces deux sondages, planche 55.)

Nous avons cité ces deux sondages parce que, comme ceux de Moselle, ils ont présenté des terrains d'une certaine dureté. Comme exemple de rapidité plus grande, nous eussions pu prendre certains sondages du Nord et de la Belgique, où un mois a suffi pour traverser 100 mètres de craie; dans l'un d'eux il n'a fallu que seize jours pour atteindre les 100 mètres, et vingt-quatre jours pour pousser la profondeur à 130 mètres, jusqu'à la rencontre du terrain houiller.

Nous croyons ces détails suffisants pour que, avec l'aide des planches et tout ce qui a été déjà dit précédemment, on puisse juger des avantages que ce procédé peut présenter comme sécurité, économie et rapidité. Ces instruments ayant figuré à l'Exposition universelle de 1855, nous pouvons

renvoyer aux décisions des trois jurys auxquels ils ont été soumis.

APPENDICE.

Nous donnons dans cet appendice quelques outils plus ou moins applicables, plutôt comme spécimens des nombreuses tentatives qui peuvent être faites pour rendre la chute des outils percuteurs indépendante de celle de la sonde, que comme instruments dont l'application puisse être sagement tentée.

Le premier cependant a donné quelques résultats satisfaisants; les autres fonctionnent bien en petit modèle, mais leur construction et leur manœuvre en grand seraient hérissées de difficultés assez grandes pour que nous ne croyions devoir les citer qu'à titre de projets plus ou moins réalisables.

Un des ingénieurs de la compagnie des chemins de fer autrichiens a apporté une modification assez originale à la coulisse d'Œynhausen pour la transformer en coulisse à chute libre :

Les figures 7 et 8, planche 30 *bis*, indiquent cette disposition; la partie centrale, qui surmonte l'outil percuteur, est formée d'une tige ronde A A, glissant dans deux pièces B B, B'B', fixées à une coulisse formée de deux joues. Cette tige ronde porte à son extrémité supérieure une pièce C, C destinée à glisser entre les deux joues et à s'engager dans deux entailles opposées, pratiquées en haut et en bas dans chacune de ces deux joues. La coupe par *a b* en donne l'idée. La coulisse, arrivée au bas de sa course par un mouvement de torsion imprimé à la sonde, accroche sur les entailles supérieures la

pièce *c*, et la sonde, en remontant, entraîne ainsi le trépan et ce qui le surmonte. Lorsqu'il est soulevé de la hauteur voulue, un mouvement brusque, imprimé à la sonde dans le sens opposé de l'accrochage, faisant sortir la pièce C des saillies qui la soutenaient et l'amenant dans la position indiquée par la coupe *cd*, où elle est complétement libre de glisser, le laisse retomber en chute libre. On recommence la même manœuvre qui amène une nouvelle chute, et ainsi de suite.

Les entailles inférieures servent à arrêter la pièce C lorsqu'on descend la sonde ; nous les avons munies à cet effet de ressorts qui appuient contre elle, pour la maintenir dans une position fixe. Lorsque l'outil est arrivé à fond, il est toujours facile de faire céder les ressorts pour dégager ladite pièce.

Cette coulisse rentre un peu, nous le croyons, dans un système exécuté en petit par M. Mulot et déposé dans une des galeries du Conservatoire des arts et métiers.

La planche 59, figure 1, représente un appareil dans lequel on opère par la pression de l'eau. A cet effet, une pompe foulante placée au sol comprime l'eau dans un jeu de tiges creuses A. Cette pression se transmettant dans la capacité B, soulève le piston C, auquel l'outil percuteur est relié par la tige D. Lorsque le piston est arrivé en haut de sa course, et que l'on veut opérer la chute, il suffit, au moyen d'un tiroir ou d'un robinet placé au sol, d'interrompre brusquement la pression. Le piston n'étant plus soutenu tombe, et avec lui l'outil percuteur. Le haut de l'appareil, au-dessus du piston, est percé d'un certain nombre de trous, pour donner issue à l'eau lorsqu'on soulève l'outil percuteur. Ces trous amènent l'eau dans une enveloppe en tôle, pour amortir le remous qui serait produit et pourrait agir sur les parois du sondage. Un ressort

à boudin placé en E amortirait le choc, dans le cas où le piston arriverait au bas de sa course, lorsque le trépan ne toucherait pas encore le fond du sondage.

Dans l'appareil suivant, figure 2, c'est le même système qui agit; seulement la tige creuse, au lieu de traverser le piston, ce qui exige une garniture intérieure, transmet la poussée de l'eau comprimée, par une double enveloppe, percée, à sa base, de trous qui lui donnent accès sous le piston.

Pendant la manœuvre de ces deux appareils, la sonde est fixe, on n'a à la descendre qu'au fur et à mesure de l'avancement; comme pour la sonde creuse avec corde intérieure, son extrémité supérieure repose sur un chariot à galets coniques, roulant sur un petit chemin de fer circulaire.

L'appareil (*fig.* 3 et 4) est une coulisse hydraulique qui a pour but d'éviter l'équilibration du levier à battre. La partie supérieure de la sonde est creuse et peut ne peser que 8 kilogrammes le mètre; une certaine longueur, soit 30 mètres, de tiges lourdes et pleines, est unie en A à un cylindre B alésé à l'intérieur et muni d'un piston C, dont la course jusqu'au fond du cylindre est de $0^{m}.20$; vers le fond du cylindre sont pratiquées deux ouvertures d' d', par lesquelles s'échappe une partie de l'eau introduite sous le piston; de même au-dessus du piston sont pratiquées deux autres ouvertures *d d*, dont le but est de laisser arriver le piston au haut de sa course en chassant l'eau qui pourrait s'opposer à sa libre élévation.

Pour la mise en mouvement, au moment où le piston est en haut de sa course, le moraillon destiné à retenir la sonde sur le levier élastique (disposé à peu près comme celui indiqué pl. 23, *fig.* 13) est à $0^{m}.005$ au-dessus du bec de celui-ci; la sonde totale est alors élevée de la quantité convenable et

abandonnée tout entière à son propre poids; l'outil frappe la roche, la sonde supérieure refoule l'eau contenue dans le corps de pompe et descend avec résistance sur le bec du levier élastique. On voit d'ailleurs que le piston est terminé par une tige carrée jouant dans une frette PP de même forme. Cette tige se prolonge d'une petite quantité pour s'unir en Q aux tiges creuses, mais en s'en séparant par un manchon RRR percé d'ouvertures rectangulaires SS, dont le but est de ne pas donner à soulever l'eau que contiennent les tiges.

Les figures 5 et 6, même planche, représentent une coulisse à déclic opérant en même temps la rotation du trépan. La tige du poids mort est placée au centre de l'appareil. La bague B qui termine le tube creux faisant coulisse glisse, au moyen de rainures, sur des nervures légèrement en spirales *aaa*, fixées sur l'extrémité de la tige creuse qui surmonte le trépan. Cette bague porte, en dessous, des dents de rochet s'emboîtant exactement dans d'autres *b* placées sous les spirales qui guident la bague B, de manière à ce que ses dents, venant porter sur l'extrémité supérieure des dents *b*, y glissent pour s'y emboîter complétement, et impriment à la coulisse, par suite à toute la partie supérieure de la sonde, un mouvement circulaire égal à 1/6 de la circonférence, puisque le système est à six crans de denture et à six nervures (*fig*. 7). Ce mouvement de rotation s'accomplit facilement, parce qu'au moment où la bague B quitte les spirales, elle se trouve sur la partie lisse D.

Lorsque les deux dentures sont en contact, les crochets CC pincent la tête O qui termine l'outil percuteur, et ne l'abandonnent que lorsqu'ils viennent rencontrer l'obstacle P placé à l'extrémité de la tige centrale. Mais dans le mouvement de

rotation qui s'est opéré, les rainures de la bague B, ayant fait un sixième de tour, se présenteront d'une cannelure à la suivante, de sorte que le trépan, en retombant, sera forcé d'exécuter, lui aussi, un mouvement de rotation de un sixième de tour; au bout de six chutes successives, il aura accompli le tour entier de la circonférence du trou de sonde. En multipliant les spirales et les dentures, on multiplierait également le nombre de chutes dans une révolution complète du trépan.

M. Gault, qui a conçu l'idée de ce système, ne se dissimule pas plus que nous combien son application serait difficile et coûteuse.

Toutes les fois que des instruments de sondages deviennent compliqués, on peut être à peu près certain que leur usage dans la pratique sera très-limité.

Nous ne nous appesantirons pas davantage sur toute la série des essais que l'on a faits, ou que l'on peut tenter, en fait d'instruments de forages; donner seulement la liste de ceux qui ont été exécutés serait déjà une œuvre laborieuse.

DES ACCIDENTS EN SONDAGES.

Le nombre et la nature des accidents en sondages sont variés à l'infini. Pour peu qu'un sondeur ait pratiqué pendant une douzaine d'années, un volume entier ne pourrait souvent résumer qu'imparfaitement les différentes circonstances qu'il a eu à observer à ce sujet. Un bon sondeur est celui qui, par sa prudence et son intelligence, sait éviter les accidents autant que possible; on ne doit mettre qu'en seconde ligne celui qui sait plus ou moins bien les réparer. Nous allons suc-

cessivement indiquer quelques-unes des manœuvres usitées dans ces fâcheux contre-temps.

FIXATION DES EMMANCHEMENTS.

Les accidents simples, tels que retrait d'une sonde brisée ou disjointe par d'autres causes qu'une rupture, peuvent se réparer au moyen d'un outil raccrocheur convenable, sans modifications à la sonde; mais quelquefois on a besoin, pour le retrait des tiges engagées les unes par les autres, de dévisser celles qui font coin. Cet accident arrive surtout, dans les retraits, lorsque, mal prises, les tiges échappent et se projettent d'une grande hauteur au fond du sondage; sous un choc aussi violent, elles se rompent en plusieurs parties qui s'enchevêtrent et se croisent les unes dans les autres, et qu'on ne peut retirer qu'en dévissant les tiges qui les composent. Les tiges à fourche sont pour cela d'un grand secours; mais comme cet ancien et vicieux système est maintenant réformé, et que le système à vis lui est complétement substitué, il a fallu chercher le mode le meilleur pour fixer les emmanchements à vis, dans les circonstances où il devenait indispensable d'exercer des efforts de torsion dans le sens du dévissage. Un des moyens de fixer ces emmanchements de manière à ce qu'ils supportent des efforts faits, à volonté, à droite ou à gauche, consiste à limer le mâle et la femelle réunis, de manière à obtenir une partie méplate, peu sensible, pour ne pas endommager la femelle qui a ordinairement peu d'épaisseur : on pose ensuite une bague recouvrant le mâle et la femelle de 2 ou 3 centimètres. Cette bague est munie d'une entaille très-peu profonde, qui, placée vis-à-vis de la partie méplate de l'emman-

chement, présente un espace propre à recevoir une clavette chassée au marteau.

Un autre mode, peut-être préférable, consiste à goupiller les emmanchements; pour cela chaque tige, étant parfaitement unie à celle qui la suit ou la précède, est amenée sous une machine à percer. Avec un foret de 12 à 14 millimètres, on perce un trou qui traverse en même temps la femelle et le téton du mâle, à peu près au milieu de la partie lisse qui surmonte les filets. Dans ce trou on introduit ensuite une goupille en acier, qui entre aussi juste que possible, et est serrée fortement; cette goupille suffit parfaitement pour résister à de grands efforts sans se cisailler. Dans le cas où l'on craindrait qu'elle se défît pendant l'opération, on peut percer un trou dans la tête et y passer un simple fil de fer qui, tourné autour de la tige, suffit pour la maintenir. C'est à ce moyen que nous avons le plus généralement recours; il en existe d'autres, mais qui sont ou plus compliqués, ou moins efficaces.

EXEMPLES DE RETRAITS D'OUTILS BRISÉS.

Lorsque les ruptures sont simples, qu'un outil ou une partie de sonde reste abandonné dans un trou bien régulier, qu'il soit tubé ou non tubé, un voyage de cloche à vis ou de caracole suffit généralement pour la reprise.

Si le diamètre du sondage est grand et que les outils raccrocheurs, ordinairement de dimensions assez restreintes, ne peuvent facilement arriver à parcourir tout le champ de recherche sans de nombreux tâtonnements, on leur apporte les modifications suivantes : si c'est une cloche à vis, on la garnit d'un gobelet conique (pl. 13, *fig.* 9), coupé obliquement et

remplissant à peu près le trou ; si c'est une caracole, on allonge le doigt chercheur en lui faisant décrire une fraction de spirale, destinée à ramener la partie brisée vers la partie prenante de l'instrument. Il est rare qu'une tige brisée ne vienne pas appuyer son extrémité sur les parois du trou ; l'outil raccrocheur doit donc, pour opérer, ne plus rester au centre et parcourir au contraire la circonférence; en courbant un peu la tige qui le porte, on arrive sûrement à ce résultat. Bien qu'à peu près régulier, il n'est pas rare qu'un trou de sonde présente des alternances de roches dures et de roches tendres ; il se forme alors dans ces dernières de petites excavations en dessous des assises dures, et sous cette espèce de corniche vient se cacher la tête de l'objet brisé qui devient ainsi inaccessible à l'outil raccrocheur. Dans cette circonstance, on adapte au-dessous de la cloche à vis ou de son gobelet un doigt chercheur ou petite caracole, dont le but est de ramener la tête de l'objet brisé dans l'axe du trou, pour pouvoir la coiffer avec la cloche.

La planche 15, figure 9, indique une rupture dans des circonstances un peu plus graves. Le trépan G*h* s'est cassé dans le tenon de l'emmanchement pendant qu'il frappait sur une roche de grès recouverte par une couche de sables de 12 mètres d'épaisseur qui, après s'être assez bien maintenue, s'est affaissée subitement. Il est possible qu'au moment de la rupture le trépan soit resté vertical ; mais comme il a pu aussi s'incliner légèrement, nous nous placerons dans ce dernier cas. Nous admettrons aussi que ces sables mis en mouvement sont devenus inépuisables, c'est-à-dire que, quelle que soit la quantité qu'on en extrait avec la soupape à boulet, leur niveau reste le même ; par conséquent la descente d'une caracole est impraticable, ainsi que celle d'une cloche à vis, attendu

que ces instruments ne peuvent fonctionner que dans un trou à peu près libre. Pour réparer cet accident, on est donc obligé de commencer par tuber les sables jusqu'à la tête de l'outil par les procédés indiqués au chapitre des *Tubages*. Comme on sait, à un centimètre près, quelle est la distance qui sépare la base de la colonne de la tête de l'outil, à mesure que la descente s'effectue on s'arrête lorsqu'on est arrivé aussi près que possible; puis, avec la soupape à boulet, on enlève les sables qui se sont élevés dans la colonne. On descend une cloche à vis; quelquefois celle-ci, trop peu dégagée vers le haut, se bourre de sable et ne peut pas se laisser pénétrer par la pièce à retirer; on lui substitue alors un instrument composé d'un tuyau fortement enfourché comme une soupape et portant à sa base une frette taraudée, peu élevée, pouvant faire cloche à vis. Les sables s'élèvent bien un peu dans le bout du tuyau, mais y étant plus libres ils sont facilement repoussés de quelques centimètres par l'introduction de la tige de l'outil à reprendre. Si la frette taraudée ne rencontre pas l'outil en plein et que son rodage indique qu'elle le laisse de côté, on fait, aussitôt que l'on s'est assuré de ce fait, arriver la colonne jusque sur l'outil, si la base repose bien dessus (qu'elle soit circulaire ou oblique dans le cas où cette forme eût paru plus convenable, et eût présenté quelques chances à l'introduction dans l'intérieur), on descend un crochet *f* en forme de caracole, et en faisant effort avec lui pour ramener la tige G *h* dans la direction de l'axe de la colonne, on fait descendre celle-ci jusqu'à ce que le crochet et la tête de l'outil s'y trouvent ensemble; ceci obtenu, on abandonne l'outil pour remonter le crochet et lui substituer une cloche à vis ou le bout de tuyau qui en tient lieu, et l'on retire sans peine le morceau. Comme la lame est plus large que le diamètre de

la colonne provisoire qui a servi à faciliter la prise, on est dans la nécessité d'enlever la sonde et la colonne en même temps. Cette opération se fait assez lentement, mais ne présente aucune difficulté. Cependant si l'on est sûr de la solidité du vissage de la cloche, et que le sondage reste propre pendant le relèvement de la colonne, on peut, lorsque le trépan est sorti des sables, le laisser là surmonté de la sonde, et relever d'abord la colonne seule.

Le trépan que nous venons de retirer d'une couche de sables peut se rompre avec des circonstances plus graves dans d'autres terrains. Une lame de trépan, par exemple, que l'usage a diminué de hauteur, se casse juste à l'endroit où elle est reliée au fût, ses dimensions ou même la nature du terrain lui permettent de se mettre à plat au fond du trou. Quelques sondeurs prétendent les pulvériser, ou tout au moins les réduire en morceaux; nous avons souvent entendu parler des tentatives faites dans ce sens, mais jamais nous n'en avons vu arriver à bonne fin; certaines lames, sur lesquelles on avait battu pendant des semaines, sont sorties du trou par d'autres procédés et assez peu abîmées pour qu'on puisse les souder de nouveau à leur fût et leur faire continuer leur travail. On peut sans doute briser au fond d'un trou dès morceaux de fer sous l'action du trépan, mais il faut que leur forme ou leurs dimensions se prêtent un peu à la circonstance. Prétendre pulvériser une lame en acier dont une partie a subi les effets d'une trempe énergique, et cela au fond d'un trou pratiqué dans des terrains d'une dureté rarement comparable à celle qui serait nécessaire pour en faire une enclume suffisante, nous a toujours semblé une idée aussi extravagante que celle qui aurait pour but de tailler une pierre avec un caillou de

même nature. Il n'y a pas d'impossibilité, mais le moyen est au moins long et dénote une grande pauvreté de ressources.

Lorsque cet accident nous arrive, nous concentrons tous nos efforts sur les moyens propres à remettre cette lame sur champ, et à l'y maintenir afin qu'elle reste en prise à un outil tel qu'une pince à vis, à coin, ou à encliquetage, un cylindre rendu élastique, etc.

Lorsque la roche dans laquelle se trouve la lame cassée est dure, les recherches sont positives, parce que l'on aura toujours pour première donnée le diamètre exact du trou. On s'assure tout d'abord, au moyen d'une pointe placée sur une génératrice d'un cylindre en tôle et du plus grand diamètre possible, de l'inclinaison de la lame, et comme cette pointe reste toujours en contact avec la paroi du trou, elle indique le point le plus bas et le plus haut de la lame, et en outre s'il existe, en certains points, un passage entre elle et les parois pour un outil quelconque, un crochet, par exemple.

Ces indications bien observées sont consignées avec soin, sur les tiges et sur le plancher, au moyen de traces au blanc, et l'on a ainsi, pour l'outil que l'on va descendre, une série de repères indiquant les positions différentes qu'on devra lui faire prendre. Le crochet employé tentera, nous le supposons, à redresser la lame; mais, après avoir réussi, il est probable qu'aussitôt qu'il l'abandonnera, elle reprendra sa position primitive; il est donc nécessaire de s'y opposer, et ce qu'il y a de mieux pour cela, c'est de couler dans le fond du trou, et pendant que la lame est droite, une pâte argileuse suffisamment épaisse pour la maintenir; on descendra alors l'outil qui semblera le plus propice pour le retrait. Jusqu'ici l'instrument qui nous a semblé le plus efficace consiste en un tuyau de 60 à 80 centimètres de

longueur, fixé à l'extrémité d'une soupape ordinaire. Le diamètre de ce tuyau doit être à sa base aussi grand que le trou peut le permettre; la lame s'introduira dans l'intérieur et s'y coincera plus ou moins vigoureusement, selon ses dimensions toujours un peu plus faibles à la partie supérieure, comme on le sait, que vers le taillant. On peut encore, si on le veut, fendre le cylindre de tôle sur une ou deux de ses génératrices pour lui donner un peu d'élasticité, et y ajouter à l'intérieur quelques crochets ou ressorts de retenue.

Quelquefois, par suite de la rupture d'une chaîne ou de toute autre pièce de suspension, une grande partie des tiges se trouve précipitée au fond du forage, quelquefois même, et le plus souvent, cet accident arrive lorsqu'on est en train d'opérer un retrait d'instruments déjà brisés qui exige de grands efforts de traction.

Supposons le cas le plus ordinaire : une sonde s'est brisée ayant à fond un outil, trépan, découpeur ou soupape, sur lequel un éboulement a opéré un coinçage. En faisant des efforts pour le dégager, la sonde s'est rompue et une partie est restée toujours engagée au fond. Aux tiges supérieures extraites on adjoint une caracole, et l'on descend reprendre la sonde; on opère de nouveaux efforts de traction pour sortir l'outil; à ce moment une chaîne casse, et si l'on a oublié de mettre un bon moraillon de retenue (pl. 2, *fig.* 20) à quelques centimètres seulement au-dessus du plancher de manœuvre, la caracole et la partie supérieure de la sonde se précipitent dans ce trou et s'y brisent en dix ou douze morceaux. Dans cette circonstance les tiges qui surmontent le premier outil engagé offrent souvent la plus grande longueur; ce sont donc elles qui se présentent les premières aux nouveaux instru-

ments raccrocheurs; mais, engagées elles-mêmes dès le principe et coincées de nouveau par les débris de la seconde sonde, il n'y a pas à songer à les retirer les premières.

Pour sortir de là, une sonde à emmanchements solidaires, permettant l'emploi de cloches à vis à droite ou à gauche, serait une bonne chose; mais malheureusement on n'a pas toujours à sa disposition une sonde ainsi disposée. Avant de recourir au goupillage ou à tout autre système de fixation des emmanchements, on peut essayer, si le diamètre est suffisant, de faire passer à côté des tiges qui se présentent les premières une cloche ordinaire, et de visser d'abord légèrement sur l'un des débris. Si l'on y parvient, on soulève de 50 ou 60 centimètres la partie prise, pour s'assurer qu'elle est libre; s'il en est ainsi, et surtout si l'on a pu opérer un petit mouvement de rotation, on redescend pour visser la cloche solidement et opérer ce premier retrait, pour recommencer ensuite sur un autre fragment. Tout cela ne se passe pas toujours aussi facilement, et l'on doit songer à opérer d'une manière plus complète. Il faut donc fixer les emmanchement de la sonde, et nous conseillons pour cela le goupillage dont nous avons parlé plus haut; puis on descend un outil raccrocheur, cloche à vis, à clapet ou caracole à gauche. Si c'est une cloche à vis ou une caracole, et que celles-ci soient construites pour agir dans le sens contraire des filets, il arrivera nécessairement que, sous les efforts de torsion qu'on leur imprime, elles produiront le dévissage d'une fraction quelconque de la partie prise. On remontera cette première fraction, et l'on poursuivra ainsi jusqu'à ce qu'il ne reste plus que le premier outil engagé. Avec une sonde à emmanchements solidaires, on peut facilement se déprendre dans le cas où l'objet saisi offre trop de résistance,

à une économie; on n'a réalisé qu'une perte. Les recommandations que nous avons faites sur la qualité des matériaux dans la construction des outils s'appliquent également aux tubes, comme nous le verrons à l'article *Tubages*.

OUTILS ET MOYENS EMPLOYÉS POUR LE REDRESSEMENT ET L'ALÉSAGE D'UN TROU DE SONDE.

Il est aujourd'hui fort rare qu'un sondage s'éloigne de la verticale : des appareils mieux disposés qu'autrefois, une méthode différente de percussion sur les roches, et les précautions que l'on prend contre de pareils résultats sont de nature à les éviter, si ce n'est complétement, de manière, du moins, à ce que la continuation des travaux n'en souffre pas d'une manière sensible.

Plusieurs causes tendent à produire un sondage oblique : la première, c'est qu'on aura mal commencé, c'est-à-dire qu'on aura disposé, sur une ligne non verticale, le centre de l'outil foreur et son point de suspension, soit au levier, soit à la poulie; c'est aussi la faute qu'il est le plus facile d'éviter, et c'est néanmoins celle qui amène le plus souvent un résultat fâcheux, parce que l'on n'apporte que bien rarement assez d'attention aux choses les plus simples. Si un aplomb a été mal pris à l'origine, et que le sondage continue dans des marnes ou argiles se traversant avec les tarières, nul doute qu'il restera oblique; au-dessous de ces argiles, que l'on rencontre une masse de roches tendres, la percussion va succéder au premier mode de forage; la sonde, en vertu de ce mouvement, tendra bien plus fortement à se rapprocher de la verticale que dans le premier cas, et finira peut-être par coïncider avec elle vers

la partie inférieure; mais alors elle affectera, en un certain point du trou, une courbure très-sensible qui amènera de fréquentes ruptures. Il est donc important qu'un trou de sonde soit commencé attentivement, et il ne faudra pas négliger d'employer la percussion aussitôt que, les couches meubles ou d'alluvions étant passées, on rencontrera de nouvelles couches qui, bien que pouvant être traversées à la tarière, devront, pour les raisons qui nous occupent, l'être avec un trépan. Lorsque l'on commence à battre au sol, il est presque impossible de descendre autrement que dans la verticale, et si le point d'attache de la sonde ne se trouvait pas sur cette ligne, il y serait amené par l'élasticité de la sonde elle-même.

Il y a aussi des causes naturelles qui amènent les mêmes effets; on ne peut éviter celles-ci, mais on peut les vaincre. Tantôt c'est l'hétérogénéité du terrain, d'autres fois ce sont les fissures dont il est traversé, qui forcent l'outil à suivre une mauvaise direction. Ainsi (pl. 15, *fig.* 7) les parties dures *d* tendent à renvoyer le trépan du côté *c*, où une petite fissure suffit déjà pour l'amener; l'inclinaison des couches vient encore favoriser cet effet, et si l'on n'y prend garde, si l'on continue ainsi de battre pendant 1 mètre ou 2 dans les mêmes conditions, le sondage prendra inévitablement une direction oblique. Ainsi, quand, dans un terrain incliné surtout, on sentira sous le trépan une résistance inégale (due à autre chose, bien entendu, qu'au passage d'une couche dure à une couche tendre, ce que l'on reconnaît facilement), il y a tout d'abord à craindre la rupture de l'emmanchement du trépan, et ensuite la déviation du trou; il conviendra alors de traverser ce passage avec un trépan à larges oreilles et à lame longue, ou avec un trépan à lame en couronne (pl. 23, *fig.* 5). Si,

comme l'indique la figure 7, planche 15, le sondage a définitivement suivi une mauvaise direction à partir de l'endroit *dc*, on s'en apercevra ultérieurement : d'abord, à la fréquence des ruptures de tiges en ce point, et ensuite à la difficulté que l'on éprouvera à descendre les soupapes, puis une colonne de garantie, si les terrains situés plus bas la demandent.

Dans les marnes tendres avec fragments de roches dures, le sondage suit plus facilement encore une mauvaise direction; son axe ne forme pas alors seulement un angle, mais bien une ligne toute tortueuse, dont les roches, laissées à nu par la dissolution des marnes, forment les points saillants; lorsque le résultat que l'on cherche est obtenu sans qu'il soit besoin, pendant les travaux ou après leur achèvement, de tuber ces terrains, la forme de l'axe du sondage, quelle qu'elle soit, est peu importante, car des eaux jaillissantes s'y élèveront comme dans un trou droit, à l'exception, toutefois, de la vitesse d'écoulement qui sera un peu moindre. Si, au contraire, on est obligé, pour continuer le sondage, de tuber les terrains traversés, alors qu'on n'a pas pris les précautions nécessaires pour éviter ces déviations, bien que le diamètre des instruments soit plus grand que celui de la colonne à descendre, celle-ci refusera d'avancer, parce qu'elle n'est pas flexible comme la sonde, et qu'en outre sa base rencontrera à chaque instant des parties saillantes sur lesquelles elle s'arrêtera. Il devient dès lors urgent de redresser et d'aléser le trou de sonde pour l'exécution du tubage dont il s'agit. Deux moyens se présentent : laisser le trou vide, et en abattre les inégalités avec des instruments propres à ce travail, ou le combler de matières résistantes sur lesquelles on travaille comme sur des terrains non forés. Ce remplissage se fait avec du béton com-

posé de ciment romain et de sable, ou bien de chaux, de ciment romain, de pouzzolane et de sable, que l'on coule dans une colonne *a b*, et de la même manière que pour les puits artésiens; mais ce béton n'acquiert pas de suite une grande dureté, et ce n'est qu'au bout de quelques mois qu'il ressemble à un grès de moyenne ténacité; il convient donc d'arrêter les travaux pendant ce temps, car en entamant le béton avant qu'il soit sec, on retrouverait les inconvénients que l'on veut détruire. Le remplissage du trou est important pour la disposition (*fig.* 7), parce que, quelles que soient les tiges des outils que l'on emploie pour laisser de côté la fausse direction, ces tiges augmentent de longueur, deviennent bientôt flexibles, et permettent à l'outil de rejoindre le vide pratiqué à côté de lui. Cependant, voici comment on pourrait effectuer le redressement sans remplissage au béton : on se servirait, en premier lieu, d'un cylindre de 8 mètres de longueur, portant à la partie inférieure une frette à vis, pour y adapter une lame en couronne. Le cylindre étant guidé par les génératrices bien verticales du trou fonctionnerait sans doute convenablement pendant 2 à 3 mètres au-dessous de l'angle *d*; mais au delà, sa partie supérieure, commençant à s'incliner, permettrait à la couronne d'abandonner la verticale et de reprendre l'ancienne direction. A cet instant, il conviendrait d'arrêter le travail de cet outil, et de descendre une colonne, dont les 8 ou 10 premiers mètres du bas seraient en forte tôle, jusqu'à la profondeur atteinte par la couronne; cette première opération terminée, on continuerait le redressement à l'aide d'un cylindre de même longueur que le précédent et du diamètre intérieur de la colonne, moins quelques millimètres seulement, et enfin, à mesure que l'on prendrait du fond, la lame cylindrique ayant

à travailler sur une surface de résistance de plus en plus large, on parviendrait à abandonner tout à fait le vide incliné.

Nous arrivons maintenant au cas d'un trou de sonde courbe en plusieurs points, cette courbure étant le résultat du mode imparfait de forage employé dans des terrains d'une nature exceptionnelle. Nous prendrions un exemple de ces terrains dans les argiles et roches du bassin de Paris, si cette formation était plus puissante et si les argiles étaient moins compactes; mais nous en trouvons un plus complet dans les gypses, calcaires, et marnes bigarrées du terrain salifère que l'on traverse dans toute son épaisseur, c'est-à-dire sur près de 1,000 mètres, pour l'exploitation du sel gemme. Toutes les fois que l'on traversera cette formation avec une sonde légère, par conséquent flexible et sans guide, et avec des trépans à lame plate, courte, et n'ayant au-dessus d'elle aucun guide cylindrique, ou, au moins, plat et long, du diamètre du trou, l'on n'obtiendra qu'un forage sans forme régulière, un trou tortueux, tel que, si l'on suppose une ligne droite partant du sol et aboutissant au fond de ce trou, elle percera un certain nombre de points saillants, formés par autant de roches sur lesquelles les trépans auront glissé pour entamer les parties tendres opposées. En d'autres termes, si le diamètre des outils a $0^{m}.20$, l'espace qui existera entre deux lignes tangentes aux inégalités du trou de sonde sera, non pas de $0^{m}.20$ comme cela existerait dans des terrains réguliers, mais peut-être tout à fait nul.

Les moyens à employer pour l'alésage d'un semblable trou de sonde se trouvent dans ceux que l'on aurait dû suivre pour le forer, avec cette différence que toutes les opérations y sont bien plus difficiles, car, les marnes ne soutenant plus certaines

roches, celles-ci, abandonnées à leur propre poids, ou ébranlées par les oscillations de la sonde, tombent sur les outils et les retiennent prisonniers; des accidents d'une autre nature, les ruptures de ces outils, sont plus fréquents encore, quelle que soit la force que l'on donne à leur tige.

Deux moyens distincts sont mis en usage pour le redressement ou l'alésage du trou : le premier consiste à reprendre le sondage à un diamètre plus grand que le diamètre existant, et à le pousser aussi loin que la propreté du trou le permet; puis à descendre alors une première colonne de garantie, dans laquelle on agit comme en commençant, pour en descendre une seconde lorsque les terrains le demanderont. Le second mode consiste à descendre une première colonne aussitôt que l'alésoir fonctionne difficilement, et à faire filer cette colonne au moyen d'un élargisseur. Nous allons examiner ces deux méthodes, et montrer leurs avantages et leurs inconvénients, afin que, suivant la situation, on sache celle que l'on doit préférer.

Pour agrandir le trou aussi loin que possible avant de tuber, on ne doit pas se servir de trépan à lame simple, mais bien de lames à gouges que l'on peut adapter à l'extrémité d'un alésoir de 5 ou 6 mètres de longueur (pl. 16, *fig.* 5) au moyen d'un fort emmanchement à vis, comme l'indique la figure 12' (pl. 10), représentant un trépan avec des gouges de 0^{m}.12 de développement, sans tige et s'adaptant à une lame de fer de 7 à 8 centimètres d'épaisseur et de la largeur du trou; ici le diamètre extérieur de l'emmanchement est de 0^{m}.14, celui de sa partie filetée de 0^{m}.10. Plus la différence entre ces deux dimensions est grande, plus le tenon à vis est solide, parce que le levier de la résistance à la rupture augmente dans le même rap-

port. Il est peu probable qu'un tenon de 10 centimètres se casse, quels que soient les porte-à-faux que les lames du trépan éprouvent; néanmoins, si l'on craint cet accident, on peut porter cette dimension à 12 centimètres, mais il faut éviter de donner au diamètre extérieur celui du trou, parce que l'on constituerait ainsi un tampon sur lequel pourraient tomber les fragments de roche. Il est préférable de laisser au pas de vis un diamètre de 0m.10, et de donner à l'extérieur de l'emmanchement la forme carrée; les saillies s'opposeraient à l'effet des fragments de roche tombant sur l'outil, et suffiraient pour augmenter de beaucoup la solidité de l'emboîtement. Au lieu d'un emmanchement à vis, on peut rapporter sur le guide (pl. 10, *fig.* 13[1]) une fourche à deux branches semblables aux précédentes, adaptée à un fût de 0m.08 sur 0m.12 environ; un encastrement de chaque côté du fer et un en dessous maintiennent la fourche dans le sens horizontal; elle est ensuite fixée par deux boulons à tête perdue pour chacune des branches, et par un troisième qui la presse de bas en haut contre le fût.

Bien que le guide qui surmonte le trépan à oreilles ou la lame à couronne ait de 7 à 8 mètres de longueur, il s'incline encore si les parois au-dessus de lui et celles dans lesquelles le trépan fonctionne ne sont pas résistantes; quelque point saillant, placé vers son milieu, le chasse hors de la verticale; si le guide avait des arêtes acérées que l'on pût réparer facilement, on pourrait, à force de roder, user les obstacles qui tendent à le faire dévier; mais on y parviendra plus promptement en armant le guide, en son milieu, d'une lame à deux oreilles, disposées en sens opposé à celle du trépan inférieur; cette lame fait aussi l'office de l'instrument (pl. 9, *fig.* 19); on peut, en même temps, surmonter le guide d'un troisième

trépan, de sorte que, pendant la percussion, l'un d'eux rencontrera un obstacle s'opposant à la direction verticale de tout le système, et l'abattra (pl. 16, *fig.* 4, 5 et 6).

Au lieu du guide principal dont il vient d'être question, on peut employer une forte barre de $0^m.08$ de côté et de 7 mètres de longueur, formée de deux ou trois parties réunies par des emmanchements, et sur laquelle on adapte avec de forts boulons, et en des sens successivement opposés, des lames à gouges pareilles à celles des trépans.

Lorsque l'on est parvenu à aléser ainsi 50 à 60 mètres et que, néanmoins, les éboulements de marnes et fragments de roches embarrassent l'outil et menacent de le retenir prisonnier, on se décide à descendre une première colonne que l'on peut, au moyen d'un élargisseur, pousser au delà de la profondeur atteinte par l'alésoir, si toutefois elle ne se trouve pas déjà trop pressée latéralement; lorsqu'elle s'arrête dans son mouvement de descente, on travaille dans son intérieur avec des instruments de plus petits diamètres et analogues aux précédents.

En adoptant le second des deux modes que nous mentionnons plus haut, on n'entreprend des 60 premiers mètres que 15 mètres, par exemple, parce que, là déjà, l'outil ne fonctionne qu'avec difficulté; on descend de suite la colonne qui s'arrête à 15 mètres, et on la conduit au moyen d'un élargisseur, de 15 à 60 mètres, où nous l'avons laissée tout à l'heure, au lieu de lui préparer, comme on l'a fait dans le premier cas, son passage à trou découvert; en élargissant le trou avant la descente des tubes, on se donne un travail long et pénible, et que viennent souvent compliquer les ruptures d'outils et de tiges, aggravées encore par les éboulements. De plus, le guide qui surmonte les alésoirs ne fonctionne qu'imparfaitement,

parce que, le trou étant trop large en certains passages, il n'occupe pas de position invariable; mais si le diamètre primitif est grand, que l'on ait la faculté d'employer plusieurs tubages, l'alésage à des diamètres successivement réduits est encore le plus prompt, et aussi le plus économique.

Le second mode présente l'avantage de conserver du diamètre, et d'économiser la colonne de garantie; le guide qui surmonte les lames ouvertes remplit parfaitement le but, parce qu'il se meut dans la colonne que l'on fait descendre à mesure que l'élargisseur prend du fond; on suit à peu près en cela la méthode de la sonde française, qui consiste à faire suivre les outils de forage par les colonnes nécessaires au soutènement des terrains. Obtient-on plus de résultats de cette manière que de l'autre? cela dépend de la nature des couches et de l'état du trou primitif. Si les chutes de fragments de roche sont fréquentes, nous préférons pousser la colonne successivement avec des élargisseurs; si le trou de sonde se maintient propre, l'alésage d'une grande longueur dont le tubage est effectué de suite après présente de l'économie; il est difficile de donner le choix à l'un de ces systèmes, attendu que rarement deux sondages se ressemblent; c'est au sondeur qui se trouve sur les lieux de décider la question.

Les figures 1 et 2, planche 16, indiquent le redressement d'un trou, par le tubage poussé à l'aide des élargisseurs, agissant immédiatement au-dessous de la colonne. Si le terrain est facile à détacher, on emploie, comme élargisseur, une caracole à charnière, surmontée d'un guide de 9 à 10 mètres, qui maintient l'instrument dans la verticale, lorsqu'on le descend de quelques mètres au-dessous de la colonne; ce guide peut être (*fig.* 1) un cylindre de bois de chêne, solide-

ment fixé aux tiges par ses deux extrémités, au moyen d'une fourche analogue à celle d'une soupape, mais plus forte si le diamètre le permet, et sur lequel on adapte un tuyau ordinaire en tôle par les mêmes rivets ou broches que celles des fourches. Un guide plus solide encore est composé (*fig.* 2) d'un tube en tôle d'un demi-centimètre d'épaisseur, portant à sa base une douille filetée pour recevoir deux ou trois élargisseurs de différentes formes, et à sa partie supérieure une plaque de fer épaisse traversée par des broches qui le relient à la sonde; on peut aussi remplir ce tube par une tige de bois. Dans la figure 2, la caracole à charnière de la figure 1 est remplacée par un trépan élargisseur à vis que nous décrirons plus loin; lorsque la roche sur laquelle il repose est brisée et qu'il est arrivé sur la suivante, on se hâte de descendre la colonne, ou de briser la seconde roche, si on peut le faire sans abandonner la bonne direction; on ne doit faire descendre la colonne que d'une quantité telle que, de sa base à la naissance des lames de l'élargisseur, il y ait assez de course pour que celui-ci puisse fonctionner. Dans un terrain difficile, dans un mélange de marnes et de roches dont la plus grande partie éboule, ce mode de tubage immédiat est le plus sûr et le plus prompt que l'on puisse employer. Si, par économie, on n'emploie pas les guides longs dont nous venons de parler, il faut alors munir la tige du trépan élargisseur, ou la tige de sonde dont il est surmonté, d'une plaque de fer *efgh* (pl. 16, *fig.* 5). En général, il est important de maintenir, par ce moyen ou par tout autre, l'élargisseur dans l'axe de la colonne qui doit suivre le passage qu'il lui pratique, dans les trous obliques surtout; on conçoit que si l'élargisseur n'est pas invariablement tenu dans la direction de la colonne, il n'a-

grandira pas le trou concentriquement à la circonférence de celle-ci.

Les figures 3, 4, 5 et 6, même planche, indiquent les moyens propres au redressement du trou, lorsque les terrains, quoique difficiles, se tiennent assez pour que les élargisseurs, surmontés du guide, puissent, sans s'y engager, pénétrer à une grande distance au-dessous de la partie tubée.

Lorsque le trou est tortueux, on emploie des lames de fer de la largeur du trou, de 5 centimètres d'épaisseur et de 5 à 6 mètres de longueur, AB, CD (*fig.* 3); pour qu'elles n'aient, dans le bas, aucune partie flexible, on y dispose, de distance en distance, des lames rapportées *h*, *h*. Sur la lame inférieure on adapte des lames formant trépans à oreilles; elles sont encastrées d'un centimètre dans la tige et maintenues avec de forts boulons sans écrous. On met deux de ces lames seulement si les points saillants du trou ne sont pas nombreux.

Quelle que soit la force des tiges, elles fléchissent toujours assez pour s'incliner si le trou est caverneux; il en résulte que le trépan inférieur glisse sur la saillie de roche qu'il rencontre, et l'arrondit de manière à n'avoir plus aucune action sur elle. Il convient alors de se servir d'un élargisseur du plus grand diamètre possible, afin de pratiquer sur la roche une petite surface horizontale qui résiste pendant quelque temps au choc des taillants et finisse par éclater. La figure 4 indique cette disposition: *b* est un trépan à ressorts indiqué planche 12, figure 14; CD est un alésoir à 4 branches boulonnées, formant un guide de 6 mètres de longueur; *a*, un trépan à oreilles qui, bien que n'ayant que le diamètre ordinaire, peut, pendant que l'élargisseur fonctionne, abattre les aspérités qu'auront laissées les outils précédemment descendus. Du reste, comme il est assez

difficile de placer l'élargisseur, le guide et ce trépan *a* parfaitement en ligne droite, ce dernier tend toujours à occuper un espace plus grand que son diamètre, et fait, pour cette raison, fonction d'élargisseur. On peut même cintrer un peu sa tige de manière à produire cet effet, mais il ne faut pas abuser de ce moyen, parce qu'il peut produire la rupture de l'emmanchement.

Selon que le trou le demande, on met l'élargisseur au-dessus du guide et un trépan au-dessous de celui-ci (*fig.* 5).

Dans la figure 6, le guide est placé au-dessus de 3 trépans à gouges, disposés de manière à ce que leurs lames a, a', a'' se trouvent perpendiculaires les unes aux autres; en gagnant du fond, l'un des trépans écorne la roche que le précédent n'avait pas attaquée. En travaillant ainsi pendant assez de temps dans les mêmes passages, on finit par abattre toutes les saillies de roches et le tubage est poussé en *m*, *n*.

Lorsqu'un sondage est mené sur un grand diamètre dans des roches continues et dures, on passe quelquefois subitement à un diamètre beaucoup plus petit, afin d'accélérer le travail pour connaître plus promptement la puissance d'une formation; il faut, dans ce cas, disposer le fond du grand trou en entonnoir, afin que le petit trépan en occupe bien le centre; cela se fait en inclinant convenablement les bords de la lame du grand trépan simple. Il est peu probable que, sans cette précaution, on ferait un trou concentrique au premier; d'ailleurs, comme l'opération que nous indiquons ne nécessite aucuns frais, ne retarde pas l'approfondissement, et qu'en outre il peut se trouver au fond un point siliceux un peu dur qui ferait dévier le petit trépan, il convient de faire cette

opération, afin d'éviter la chance qu'il y aurait de prendre une mauvaise direction.

Quand le petit trou est fait et qu'on est bien éclairé sur la puissance de la formation, il s'agit, pour pousser le sondage plus loin, de l'élargir au diamètre primitif; pour cela, on munit le téton du grand trépan d'un petit tuyau fermé à sa base, ayant 1 centimètre de jeu sur le diamètre de l'avant-trou, et d'une longueur égale à la hauteur maximum à laquelle le trépan est élevé pour battre, c'est-à-dire qu'à chaque coup de trépan, le fond du tuyau viendra de niveau avec l'orifice du petit trou; par ce moyen, les débris résultant de l'élargissement ne tomberont pas au fond, et l'on sera dispensé de les aller chercher par des soupapages toujours longs. Il convient néanmoins de descendre la soupape tous les huit ou dix jours, afin de ne pas laisser s'y accumuler les débris de roches, qui sont assez difficiles à prendre en pareille position. Si le petit trou n'était pas exactement posé dans l'axe du grand, on conçoit que, dans l'élargissement, il serait impossible d'employer un trépan à téton muni d'un tuyau comme nous venons de l'indiquer; on serait réduit alors à se servir d'un trépan plat, et à laisser s'accumuler au fond du petit trou les débris résultant de l'alésage, ce qui amènerait une grande perte de temps.

CHAPITRE VIII

TUBAGES

DES TUYAUX DE RETENUE.

Les tuyaux de retenue ont pour but d'empêcher l'encombrement du sondage par les éboulements des couches meubles, ou d'autres couches croulantes ou déliquescentes ; ils doivent être en tôle de première qualité, douce, susceptible de se ployer, de se bosseler sans se déchirer ni se fendre. La tôle aigre donne lieu à des accidents graves, coûteux, et quelquefois même irréparables dans des conditions raisonnables, industriellement parlant; une seule feuille cassante peut compromettre un sondage d'une grande profondeur.

Les tôles de choix d'Imphy, du Berry, de Franche-Comté, de Montataire, et des Ardennes sont généralement celles que nous avons, jusqu'à présent, employées de préférence.

L'épaisseur de la tôle doit être proportionnée aux diamètres des tuyaux, et telle que sa résistance soit supérieure aux efforts qu'elle aura à supporter.

Si les tuyaux se plaçaient toujours dans le voisinage du sol, on pourrait déterminer rigoureusement l'épaisseur à leur donner, suivant leur diamètre. L'application d'une formule où l'on ferait entrer la limite d'élasticité du métal employé, la hauteur de la charge, la différence entre le poids du terrain à soutenir à l'extérieur et de l'eau contenue à l'intérieur des tubes, serait fort judicieuse. Mais s'il peut en être ainsi pour des profondeurs d'une cinquantaine de mètres, dans des terrains homogènes, il en est tout autrement dès que ceux-ci se composent d'assises successives de roches solides, de sables, de marnes ou d'argiles; non-seulement ces diverses matières ont des poids très-variables, mais encore exercent des pressions différentes sur les colonnes. La pression des couches solides est généralement nulle; celle des sables, assez forte, est à peu près constante; celle des marnes, suivant leur nature plus ou moins argileuse, et celle des argiles proprement dites, sont extrêmement variables; ces dernières surtout, lorsqu'elles entrent en contact avec l'eau, sont sujettes à se gonfler d'une manière si extraordinaire, qu'à tous les calculs raisonnables on est obligé d'ajouter un coefficient de prudence très-élevé. Les argiles plastiques de Paris, que nous avons eu à traverser sur un grand nombre de points, nous ont démontré, d'une manière irréfutable, que les grandes précautions que nous prenons à ce sujet n'ont rien d'exagéré.

C'est après avoir bien examiné toutes ces raisons, après avoir consulté, notamment, les travaux de M. Poncelet sur les limites d'élasticité de la tôle de fer, que nous avons adopté les épaisseurs suivantes, que nous avons généralisées pour toutes les profondeurs, à peu d'exceptions près.

Pour les tuyaux de 0m.51 de diamètre intérieur, 0m.0050 d'épaisseur

—	0 46	—	0 0045
—	0 41	—	0 0040
—	0 36	—	0 0035
—	0 31	—	0 0035
—	0 26	—	0 0030
—	0 21	—	0 0030
—	0 165	—	0 0025
—	0 125	—	0 0025
—	0 09	—	0 0020

Les trois premières dimensions de ces tubes, de 0m.51 à 0m.41, n'ont, dans les sondages ordinaires, qu'à supporter les terrains éboulants supérieurs; l'épaisseur que nous leur donnons est suffisante pour des profondeurs de 100 mètres. Les dimensions des suivants, de 0m.36 à 0m.21, peuvent être acceptées jusqu'à 300 mètres; passé cette profondeur, la partie inférieure de la colonne pourra, par prudence et suivant les terrains, être renforcée d'un demi-millimètre.

Enfin les trois dernières dimensions 0m.165, 0m.125 et 0.09, destinées à de petits forages, devraient, en cas d'emploi dans de grands travaux de 300 à 600 mètres, être augmentées d'un millimètre.

Cette série comprend tous les tubes que nous mettons en usage dans nos travaux; elle correspond à la série des outils de diamètre convenable pour descendre librement dans chaque calibre. On comprend combien il serait onéreux, sous le rapport industriel, de s'écarter de règles fixes. On aurait d'énormes quantités de tubes et d'outils de dimensions bâtardes, qui demanderaient de perpétuelles modifications pour se raccorder ensemble.

Les tôles à employer dans la confection des tubes doivent, autant que possible, être par feuilles de 3 mètres de longueur, pour éviter la multiplicité des frettes de jonction, qui, outre l'inconvénient d'augmenter le poids et le prix sans utilité, a celui plus grave de multiplier les frottements dans la descente, si elles sont extérieures, ce qui a lieu le plus généralement, ou de répéter et recevoir les chocs des outils et des tiges, si elles sont exceptionnellement intérieures.

Les tuyaux de retenue se font de plusieurs manières : la plus ancienne, et encore aujourd'hui la plus en usage, est de bien battre la tôle sur les bords qui doivent former la couture, afin de perdre le plus d'épaisseur possible, et d'éviter la saillie brusque que formerait la tôle dans son épaisseur naturelle. Au lieu de battre les bords, comme nous venons de le dire, on peut les chanfreiner à la lime ou à la machine. Pour la couture, la tôle est doublée sur 4 à 5 centimètres de largeur, et maintenue par des rivets en fer doux de 8 à 10 millimètres de diamètre, espacés chacun de 4 à 5 centimètres. Les têtes de ces rivets doivent être très-plates à l'intérieur et à l'extérieur ; on ne saurait observer trop rigoureusement cette nécessité de l'aplatissement des têtes de rivets ; en effet si, sur une grande longueur, les rivets, intérieurement surtout, ne sont pas complétement aplatis et bien adhérents à la tôle, les outils de manœuvre, en montant ou descendant plusieurs fois par jour, pourront porter sur leur partie saillante et finir par les détacher et dériver la tôle ; de là, la production des accidents de terrains auxquels le tubage avait pour but de remédier, et qui se compliquent encore de l'écrasement de la colonne.

La rivure plate à l'extérieur n'est quelquefois pas moins importante. Un sondeur expérimenté diminue toujours le moins

possible les dimensions de son sondage; ainsi, dans un trou de 0m.30 de diamètre, on descend des tubes de 0m.26 intérieur, et de 0m.28 extérieur; c'est donc un centimètre de jeu seulement autour des tuyaux. Chaque tubage diminue les dimensions d'un forage de 0m.05. Cependant, dans des cas exceptionnels, lorsque les tuyaux ont été spécialement bien confectionnés, qu'ils n'ont eu à souffrir aucune déformation pendant le transport, et qu'en outre, le sondeur les descend dans le trou de sonde, en ayant soin, au moyen du fil à plomb, de les emboîter bien verticalement les uns dans les autres, on peut arriver à réduire la perte de diamètre à 0m.025, ou 0m.030, surtout lorsque les dimensions sont au-dessous de 0m.20. A Donchery (Ardennes), une colonne de 330 mètres de longueur n'a réduit le diamètre de 0m.16 qu'à 0m.135. A Ham-sous-Warsberg (Moselle), une colonne de 0m.18 de diamètre extérieur a pu être descendue à 510 mètres, dans un sondage qui n'avait plus que 0m.20.

Dans les sondages profonds, lorsqu'ils présentent de nombreuses alternances de terrains durs et de terrains éboulants, et que ces derniers exercent sur les tubes de fortes pressions latérales, on est obligé d'avoir recours à cinq ou six colonnes successives. On arrive ainsi à une réduction de diamètre fâcheuse et indépendante du sondeur, qui a souvent épuisé toutes les ressources qu'offrent les élargissages sous les colonnes, afin de les faire filer aussi loin que possible, comme nous l'avons fait à Ghlin près Mons (Belgique), où la même colonne de 0m.26 de diamètre, descendue d'abord dans le sondage à 151 mètres, a pu successivement, à mesure que l'on gagnait de la profondeur, être descendue jusqu'à 309 mètres, à l'aide d'un élargisseur qui fonctionnait sous sa base; mais sur

d'autres points on a dû employer deux ou trois séries de colonnes pour arriver au même résultat.

Des anomalies de terrain, des épaisseurs plus grandes dans les couches, que celles prévues par les études préliminaires, qui ont déterminé l'emplacement et le diamètre du forage à son origine, nécessitent l'emploi, souvent inévitable, de colonnes de trop petites dimensions.

Une autre manière de faire les tuyaux consiste à encastrer les bords de la tôle ensemble, et à les braser ensuite ; elle a l'avantage de prendre moins d'épaisseur, mais est fort coûteuse et exige beaucoup de soins.

Quelquefois, pour des tuyaux de dimensions exceptionnelles, on rapproche simplement les bords de la tôle, et on les maintient par une bande couvre-joint rivée sur les deux bouts.

Enfin, nous avons essayé d'un quatrième moyen, mais le plus souvent pour des tubes d'ascension ; il faisait l'objet d'un brevet exploité par M. Ledru (pl. 1, *fig.* 17). Ces tubes en tôle galvanisée au lieu d'être rivés sur la couture longitudinale, avaient une nervure formée par les deux côtés de la tôle pliés et réunis à l'aide d'une baguette faisant agrafe ; ces tôles repliées sur elles-mêmes étaient ensuite soudées, et offraient une grande solidité et une imperméabilité parfaite. La couture des tuyaux d'ascension se plaçait indistinctement en dedans ou en dehors ; mais pour des forages il était indispensable de la mettre à l'extérieur pour ne pas l'exposer au contact des outils travailleurs.

Nous avons renoncé complétement à l'emploi de ces tuyaux pour les causes suivantes :

1° La galvanisation rendait des tôles, primitivement bonnes, aigres et cassantes ; on a essayé, dans cette préparation, de

remplacer le zinc par le plomb; les effets étaient moins désastreux, mais encore nuisibles.

2° Les plis brusques que nécessitait la construction de l'agrafe énervaient le fer et amenaient souvent la rupture du tube longitudinalement.

3° Enfin, que les tôles fusssent zinguées ou plombées, il y avait impossibilité matérielle de descendre de ces tubes dans un forage, sans qu'il s'opérât de grands frottements à l'extérieur sur les parois du trou, et à l'intérieur par l'introduction nécessaire de quelques outils. Or, partout où le métal protecteur du fer était enlevé, la tôle se perçait par suite d'un effet électro-chimique, et il en résultait la destruction rapide de la colonne. Nous avons relevé au bout de trois ans ces colonnes, qui n'offraient plus que l'apparence d'une dentelle de tôle. Aucun des puits ainsi tubés n'a résisté ; celui qui a duré le plus longtemps est celui de M. Ledoux fils, foré il y a douze ans dans sa charmante propriété de Vaires, près Lagny (Seine-et-Marne). Nous avons été obligés de le refaire l'année dernière ; la couture-agrafe seule, fortement soudée, avait résisté, le reste était en grande partie disparu.

Cette fabrication toute spéciale ne se faisait qu'à Paris ; on perdait ainsi la ressource de pouvoir prolonger une colonne sur place, lorsque l'industrie du pays où l'on fore le permet; ressource souvent très-profitable lorsque cette augmentation de matériel peut se faire dans des conditions qui ne s'écartent pas trop de celles admises pour la régularité des types adoptés et pour la bonne qualité de la matière employée.

Nous avons cru devoir nous étendre un peu sur ces considérations afin d'éviter à d'autres les essais désavantageux que nous avons faits, et combattre un peu des idées encore aujour-

d'hui très-favorables et très-répandues sur l'emploi des tôles galvanisées pour tubages.

Les tuyaux fabriqués par les procédés que nous avons admis se descendent dans les forages par longueurs de 6, 7 et 9 mètres; la réunion des tôles a eu lieu au moyen de frettes ou manchons comme nous le représentons planche 6, figures 1, 2 et 3. Ces frettes, placées le plus généralement à l'extérieur des tubes, doivent avoir une hauteur proportionnée au diamètre; cette hauteur ne doit pas être, dans des tubes de $0^m.51$, au-dessous du chiffre exprimé par le diamètre, et doit même lui être supérieure lorsque les tubes sont de petites dimensions. De longues frettes permettent toujours des jonctions plus solides et bien verticales. Les bouts de tubes doivent reposer bien exactement l'un sur l'autre dans la frette, et celle-ci doit être rivée moitié sur chacun d'eux. Il est important que les rivets disposés en quinconces n'aient pas entre eux plus de 4 à 5 centimètres de distance, et qu'un certain nombre soit assez rapproché de la ligne de contact des tôles.

Lorsqu'il s'agira de descendre des tubes dans un sondage, on devra toujours s'assurer que les tôles ont été bien tournées et que la couture, quelque peu saillante qu'elle soit, se trouve disposée de manière à ne pouvoir être endommagée par les rodages, ou par les outils chercheurs en cas d'accidents à réparer. Des personnes peu familiarisées encore avec les sondages ont fabriqué et fait descendre des tubes dont la couture était en sens inverse. Nous avons vu des tuyaux ainsi établis dans le Nord, dans la Moselle, et avons eu lieu de reconnaître les graves inconvénients qui pouvaient résulter de cette erreur, légère en apparence. Lorsque le sondeur s'aperçoit de ce défaut, il peut y remédier, si les tuyaux sont bons et bien faits,

en renversant sa colonne et la descendant la tête en bas, c'est-à-dire les frettes à la partie inférieure ; mais il faut alors redoubler de précautions pour tenir une semblable colonne suspendue, car on n'a plus les frettes supérieures pour faire arrêt aux colliers, comme nous le verrons plus loin, à moins que l'on ne prenne à une frette intermédiaire quand la hauteur de la chèvre le permet.

CONFECTION DES TUYAUX DE TOLE.

La machine la plus simple, mais en même temps la plus imparfaite, pour rouler ou cintrer, suivant un diamètre donné, les feuilles de tôle, consiste en un seul cylindre sur lequel on maintient la tôle pendant qu'on le fait tourner à l'aide d'un levier ; la feuille est contrainte à passer entre le cylindre et une règle qui lui est parallèle et qui est fixée à une certaine distance, variable selon la courbure demandée. Comme cette courbure n'est jamais exacte, on a recours au marteau, et l'on achève le tube ébauché sur un mandrin encastré par une de ses extrémités dans un rapport fixe.

MACHINE A CINTRER.

Deux premiers cylindres de rayons égaux *q r* et *o b* sont surmontés d'un troisième *f t* (pl. 8, *fig.* 3) ; mobiles dans leurs boîtes, ainsi qu'on le voit clairement figure 4, les axes peuvent s'éloigner ou se rapprocher. Le système d'engrenage à double pignon (*fig.* 2) met en mouvement les cylindres *q r* et *f t*, qui laissent entre eux, comme entre *f t* et *o b*, un espace égal à l'épaisseur de la tôle, moins une faible quantité. Lorsque la

feuille de tôle, introduite entre les deux premiers, arrive au troisième, celui-ci, qui se meut aussi, force la feuille à se plier exactement autour du cylindre *f t*. Si ce dernier a $0^{m}.20$ de diamètre, l'opération que nous venons de décrire aura produit un tube de ce même diamètre. Mais, pour obtenir ce résultat de la même manière, pour différentes dimensions, il faudrait changer autaut de fois le petit cylindre *f t*. C'est un inconvénient auquel on remédie ainsi qu'il suit : on recule le cylindre de gauche *o b* d'une certaine quantité, en laissant celui de droite dans les conditions précédentes avec le petit cylindre ; les trois cylindres ainsi disposés, la feuille, au lieu de se replier exactement sur le cylindre *f t,* passe au-dessus de lui, suivant une circonférence plus grande que la sienne, et qui leur est tangente en *z* (*fig.* 3 et 4). On obtient encore ainsi un tube exact et d'une dimension donnée après quelques essais de rapprochement ou d'éloignement du cylindre *o b*.

Un quatrième cylindre A B (*fig.* 3) mobile dans la même boîte que celle de *f t* pèse sur ce dernier dans le but d'en empêcher la flexion. Cette addition est surtout nécessaire pour le cintrage des tubes de petits diamètres et en tôle un peu épaisse. Sans la protection du cylindre supérieur, le cylindre intermédiaire se courberait et se briserait. Celui-ci, seul, est en fer forgé ; les trois autres sont creux, en fonte, traversés par des axes en fer, mobiles dans des coussinets en bronze. Le tout est monté sur un bâti en fonte ou en bois. On voit encore de petits galets B′, B″ (*fig.* 3), et B (*fig.* 1) ; ils s'opposent à la flexion des cylindres latéraux.

Au lieu d'un engrenage pour communiquer le mouvement aux cylindres, on peut munir ceux-ci de trous dans lesquels passent des leviers ; mais il n'y a, à cette simplification, aucune

économie, attendu que, pour manœuvrer les leviers, il faut employer beaucoup de monde, tandis qu'un seul homme appliqué à la manivelle de l'engrenage fait facilement faire un tour de cylindre à une feuille épaisse.

Les feuilles ainsi roulées sont préalablement percées longitudinalement et circulairement, pour recevoir les rivets de la couture et des manchons; de sorte que tous les bouts de tuyaux doivent, étant pris au hasard, se raccorder exactement.

TUBES DE GARANTIE ET D'ASCENSION EN BOIS.

Les premiers tubes de garantie en bois, dont il est question dans l'ouvrage de M. Garnier, étaient de simples caisses quadrangulaires en chêne. Nous avons autrefois employé de ces coffres en bois pour le soutènement des premières couches meubles, telles que graviers, etc.; mais en leur donnant une forme hexagonale, on les armait d'un sabot en fer ABCDE *f*GH (pl. 6, *fig.* 5) à six branches, rivées solidement sur le milieu de chacune des faces du prisme; ces caisses, auxquelles nous donnions 50 à 60 centimètres de diamètre, étaient violemment chassées dans le trou au moyen d'un mouton frappant sur une tête Z.

Nous avons à peu près renoncé à l'emploi de ces caisses, parce que leur enfoncement exige plus de temps que la descente d'un simple tube en fer, et que le diamètre des outils que l'on peut y introduire est trop petit, comparativement à celui qu'embrasse l'extérieur du cercle circonscrit de la base de l'hexagone; en outre, l'épaisseur qu'on est obligé de donner au bois pour qu'il résiste au choc du mouton s'oppose aussi à sa pénétration dans le terrain.

Les tubes en bois qui servent de colonne d'ascension sont aussi employés comme colonne de garantie; la figure 4, planche 6, représente deux portions de ces tubes assemblés pour soutenir les terrains; ils doivent être en bois solide, chêne, aune ou orme; ils sont emmanchés à emboîtement; les parties pénétrantes ont de 15 à 20 centimètres de hauteur, et leur ligne de jonction est recouverte par une frette en tôle de $0^{m}.003$ d'épaisseur, sur une hauteur un peu plus grande que le diamètre extérieur des tubes, et fixée avec des vis à bois; cette frette n'est là que pour s'opposer à la fente du bois, et pour empêcher les bouts supérieurs d'une longue colonne d'être soulevés par l'eau, lorsqu'ils ne sont pas encore en contact avec le terrain. Ces colonnes sont munies à leur base, comme les caisses hexagonales décrites plus haut, d'une armure en fer qui facilite leur pénétration dans les couches qu'ils doivent intercepter, et s'oppose à leur destruction sous les coups du mouton. Le volume des tubes en bois étant plus léger qu'un égal volume d'eau, ils ne tardent pas, lorsqu'ils composent une longue colonne, à être chassés de bas en haut; on obvie à cet inconvénient au moyen de quelques tiges de sondes introduites dans l'intérieur, qui les forcent à descendre en reposant, au moyen d'une clef de retenue, sur leur partie supérieure.

Lorsque la colonne de bois est à fond, il faut avoir soin, si la partie supérieure est libre dans le sondage, de la fixer sur le plancher de manœuvre avec un collier sur lequel on appuie des madriers; sans cette précaution, les mouvements de la sonde venant à disjoindre la colonne, il s'établirait, entre la partie libre soulevée par l'eau et la partie inférieure retenue au fond, un vide par lequel s'écouleraient à l'intérieur des débris de terrain.

On ne doit pas manœuvrer les tuyaux de bois par torsion ; en le faisant, on court le risque de les disjoindre. Pour les soulever, s'ils tiennent un peu fortement dans le trou de sonde, il faut les prendre à la base avec un crochet ou une caracole à charnière ; pour les enfoncer, il faut battre dessus avec un mouton ou agir par une forte pression.

Le moyen de percer les tubes de bois est connu de tout le monde : il consiste dans l'emploi de différentes tarières dont on augmente successivement le diamètre au moyen de plaques fixées sur le côté opposé au taillant.

Un autre moyen, et c'est le meilleur, consiste à tourner les deux extrémités de la pièce, à loger ensuite ces deux parties dans des poupées à lunette, et à pousser une mèche bien assujettie dans la direction de l'axe de la pièce, en imprimant, soit à la mèche, soit à la pièce elle-même, le mouvement de rotation nécessaire au percement. Il est toujours prudent, surtout pour des tubes de petit diamètre et dont l'épaisseur de bois doit être faible, de faire un petit avant-trou, afin que si des nœuds tendent à faire pratiquer un trou oblique, ce défaut puisse être corrigé par le passage des mèches suivantes.

Le percement doit toujours avoir lieu avant la mise au rond parfaite du tube ; la rectitude des tuyaux doit toujours être mesurée et vérifiée.

Complétement recouverts d'eau, les tubes en bois se conservent indéfiniment ; aussi constituent-ils les meilleurs tubes d'ascension. Enfouis dans un sol humide, ils ne tardent pas à y pourrir. Si l'on veut les conserver en cave fraîche, il faut avoir soin de les isoler du sol ou des murailles. Dans un lieu un peu sec, ils se conservent aussi fort longtemps ; mais pour cela il faut les munir de frettes de fer.

La figure 14, planche 7, indique un outil propre à faire les emboîtements des tuyaux de bois ; il est composé d'un fût en bois dont la partie inférieure cylindrique a un peu moins de diamètre que le trou du tube; au-dessus est une partie plus forte, frettée, sur laquelle est fixé, dans une rainure, un couteau en acier qui descend le long de la partie inférieure A B d'une quantité CD, égale à la profondeur de la femelle ; CD représente le tranchant d'un couteau dont le bas *f* est construit en forme de mèche et de tarière, Le fût se termine par une partie prismatique *hl* destinée à recevoir un manche en bois (*fig.* 15), et munie d'une chape dans l'anneau de laquelle on passe une corde enroulée sur une petite poulie, et dont on se sert pour soulever ou abandonner le fût.

L'instrument qui fait le mâle est semblable au dernier, si ce n'est que le couteau, au lieu d'être adhérent à la partie AB, en est éloigné de l'épaisseur du bois que l'on a enlevé pour faire la femelle ; on dispose les couteaux dans les deux cas de manière à faire l'emboîtement un peu conique et laissant du serrage. De cette manière, les colonnes frettées, et gonflées par l'eau, sont hermétiquement closes. Le tour peut remplacer avantageusement cet outil; mais il faut pour cela un atelier sédentaire d'une certaine importance.

TUYAUX D'ASCENSION.

Les tuyaux d'ascension sont destinés à recevoir les eaux ascendantes ou jaillissantes rencontrées à la base d'un sondage, et à les amener à leur niveau d'ascension ou d'écoulement ; ils doivent être parfaitement lisses à l'intérieur, d'un calibre régulier, parfaitement étanches, bien soudés, rivés ou

vissés aux jonctions, de manière à ce que, quelle que soit la pression que l'eau puisse exercer sur les parois, il n'y ait aucune déperdition extérieure; sans quoi, l'on n'obtiendrait ni la quantité d'eau, ni la hauteur totale d'ascension, que la nappe peut donner. Ces colonnes étant souvent destinées à isoler des nappes supérieures les eaux généralement plus pures et plus abondantes des nappes inférieures, on comprend tout le soin que l'on doit apporter à ce que ce but soit rempli.

Les tuyaux d'ascension doivent être d'une matière aussi indestructible que possible, puisque c'est d'eux que dépend la perpétuité de résultats souvent si avantageux et si péniblement obtenus. Le cuivre rouge et le bois sont les deux principales matières employées jusqu'à présent. On a essayé le bronze qui doit être bon, la fonte qui présente des chances dangereuses de rupture et peut-être à la longue de destruction, le zinc qui dans des eaux sulfureuses semble nous présenter, jusqu'à présent, une assez grande sécurité en lui donnant une épaisseur un peu forte, et enfin le fer galvanisé que nous regardons comme très-pernicieux. Dans certaines sources minérales comme celles de Vichy et de Cusset, par suite de la nature même de l'eau, on a dû tuber en fer et l'on a employé des tubes en fer creux du système Gandillot.

Les tubes de cuivre rouge sont réunis, comme les tuyaux de fer, au moyen de frettes et de rivets; mais les frettes et la partie des tubes qu'elles emboîtent sont étamées et soudées après leur réunion. Quelquefois, et surtout pour de petits diamètres, on les assemble au moyen de manchons à vis en bronze. Ce procédé est excellent, et, pour des dimensions restreintes de 9 à 12 centimètres, n'entraîne pas un grand surcroît de dépense. Comme les tuyaux en cuivre rouge ne sont descendus dans

un forage que pour servir à l'ascension de l'eau, et qu'une colonne de retenue les protége contre la poussée des terrains, qu'en outre, un bon bétonnage annulaire, coulé entre eux et les tubes de retenue les isole et les maintient, on leur donne des épaisseurs assez faibles, 1 millimètre 1/4 à 2 millimètres. Il n'y a que pour les grandes profondeurs que l'on donne jusqu'à 3 millimètres, mais seulement pour les cinquante derniers mètres.

Les colonnes en cuivre rouge ont le grand avantage de ne pas nécessiter de grands diamètres de forage, et si, par suite de causes imprévues, les dimensions d'un trou de sonde se trouvent réduites à des proportions un peu faibles, ils offrent la ressource d'un tubage qui, par son peu d'épaisseur, conserve la section la plus grande. Le seul reproche que l'on puisse faire aux colonnes en cuivre rouge, surtout lorsqu'on leur donne peu d'épaisseur, est de ne pouvoir supporter, sans danger, à l'intérieur, le travail énergique et prolongé de la sonde; mais comme elle n'est descendue qu'en fin de travail, et quelquefois même après une ou plusieurs années, lorsque la source obtenue a pris un écoulement constant, il est rare que l'on ait à redouter une semblable manœuvre, et que de simples soupapages à la corde ne suffisent pas pour remédier à un ensablement possible de la nappe.

Les tuyaux de bois en orme, en chêne ou en aune, comme nous l'avons vu, constituent de bons tubes d'ascension; ils sont inaltérables dans les trous de sonde. La partie supérieure seule, lorsqu'elle est en contact avec l'air, peut se détériorer; pour éviter cet inconvénient, on a soin de terminer la colonne de bois par un bout de tube en cuivre d'une longueur suffisante, et que l'on ajuste au moyen d'une jonction bien faite.

Le plomb convient parfaitement pour cette opération, il se moule très-bien sur le bois, quelles qu'en soient les irrégularités.

Le diamètre à donner aux colonnes d'ascension peut être assez restreint, et, sans tomber dans des dimensions trop réduites, on doit s'écarter des exagérations émises à ce sujet depuis quelques années. Il est à regretter que le puits de Passy, objet de promesses, d'essais et de dissertations si curieuses de la part de certains savants, n'ait encore tenu que fort peu de ses engagements, car celui concernant le tubage, en particulier, serait des plus intéressants. Là, comme on le sait, le diamètre de la colonne d'ascension ne doit pas être moindre de $0^m.60$, tandis qu'à Grenelle celui de la dernière colonne introduite ne dépasse pas $0^m.10$; mais si par cette colonne de $0^m.10$ on n'a obtenu qu'un écoulement au sol de 3,000 litres d'eau par minute, par celle projetée de $0^m.60$, on annonce l'irruption d'une rivière comparée quelquefois à une fraction importante de la Seine.

Nous avons tubé d'assez beaux puits dans le terrain tertiaire parisien même et ailleurs ; quelques-uns fournissent jusqu'à 1200, 1500 et 2500 litres par minute. Après avoir eu leur écoulement primitif par des colonnes de $0^m.16$ ou de $0^m.20$, on y a descendu une colonne d'ascension de $0^m.12$, de $0^m.10$, quelquefois même de $0^m.09$ seulement; rien n'a été changé dans leur régime ; ils ont même généralement augmenté, ce qui, à vrai dire, dépend d'une construction plus soignée des colonnes d'ascension, et surtout du bétonnage qui les entoure et empêche toute déperdition.

Dans une même localité, deux puits distants de 15 mètres seulement, l'un foré au diamètre de $0^m.16$, l'autre au diamètre

de $0^m.27$, nous ont donné des résultats parfaitement identiques.

Lorsqu'en 1856 nous eûmes à visiter les beaux puits arabes de l'Oued R'ir (Sahara algérien), nous en rencontrâmes à Megarin, à Sidi Rached et à Tamerna, dont le débit avait varié, au beau temps de leur splendeur, entre 800 et 1500 litres par minute. La section du puits amenant ces eaux au jour était un carré de $0^m.70$ à $0^m.90$ de côté. Nous trouvâmes, sur les lieux mêmes, l'opinion émise que des sections de forage de $0^m.20$, $0^m.16$ et $0^m.12$ seraient trop restreintes pour pouvoir débiter un volume d'eau comparable à celui des puits arabes, et que l'emploi de sections si réduites conduirait à augmenter, dans une notable proportion, le nombre des trous de sonde capables de remplacer ces beaux puits, en voie d'extinction plus ou moins prochaine. Il fallait, croyait-on, donner au moins $0^m.30$ ou $0^m.40$ de diamètre aux forages à exécuter dans ces contrées. Nous ne partageâmes pas cette opinion, qui eût entraîné l'entreprise naissante des forages au désert dans des difficultés et des dépenses beaucoup trop grandes. Car si la question d'exécuter des forages à grands diamètres n'est pas une difficulté pour le sondeur, elle est et sera toujours le sujet d'un accroissement certain dans le poids et la valeur du matériel à employer et à transporter ; or, lorsqu'il s'agit de faire pénétrer un outillage de sondage en plein désert, la question seule des transports prend une grande importance. Elle est de nature à entraver les opérations sinon complétement, du moins à les compliquer d'une manière fâcheuse et à les rendre inutilement onéreuses. Nous résolûmes donc de donner aux forages qui devaient remplacer les puits arabes des diamètres de $0^m.16$ ou $0^m.20$, comptant bien qu'ils étaient plus que suffisants pour

débiter des volumes d'eau comparables ou même supérieurs à ceux fournis par les plus beaux spécimens de l'industrie indigène.

Le forage de Tamerna, le premier établi dans le voisinage du plus beau puits de ces contrées, ne tarda pas à confirmer notre opinion. Par un diamètre de 0m.20 il débita, et cela continue depuis trois ans, 4,500 litres d'eau par minute, c'est-à-dire trois fois plus que son voisin lorsqu'il était à l'apogée de son débit. Nous avons été, il est vrai, surpris par cette énorme quantité d'eau, et avons un instant supposé que là, peut-être, le diamètre du forage était insuffisant, et que ce chiffre de 4,500 litres d'eau par minute était un maximum limité par la section même du tube. De nouveaux puits démentirent cette croyance, en donnant des résultats encore plus considérables par des colonnes ascensionnelles du même diamètre, et confirmèrent que le débit des nappes est beaucoup plus limité par la nature plus ou moins filtrante des couches aquifères qui les contiennent que par le diamètre des tubes qui servent à leur écoulement.

Tout ceci porte donc à croire que jusqu'ici les sondeurs sont restés assez généralement dans des limites à peu près convenables. Il y a plus, c'est que si le diamètre de la colonne ascensionnelle est plus que suffisant, il doit arriver que l'eau, en laissant même de côté la question de frottement sur des surfaces plus considérables, tendant à prendre une vitesse moins grande que celle qui l'animerait, si elle était forcée de s'écouler par un tube de moindre dimension, ne possède plus l'énergie nécessaire pour soulever et rejeter au dehors les sables plus ou moins fins qui obstruent la nappe.

L'eau contenue dans une couche perméable, composée assez

généralement de sables, plus ou moins stratifiés en raison des courants successifs qui les ont transportés dans un terrain présentant des fissures plus ou moins libres, ou des strates laissant entre elles des vides plus ou moins considérables, est soumise à une pression hydrostatique due à la différence qui existe entre les points d'infiltration et les points d'écoulement. Une partie de cette pression hydrostatique, en vertu de laquelle les eaux tendent à s'échapper du sol, soit par une source naturelle, soit lorsqu'on pratique un sondage sur un point plus bas que le niveau d'infiltration, est absorbée par le frottement que l'eau a à subir dans son parcours au travers des couches. C'est à cette cause qu'il faut attribuer les limites dans lesquelles se maintiennent les sources naturelles ou artificielles. Lorsque l'eau comprimée dans une couche aquifère trouve à s'écouler par un forage pratiqué dans de bonnes conditions, il s'opère, par le fait même de l'écoulement, une espèce de succion plus ou moins vigoureuse sur les sables, fissures ou strates, dans lesquelles elle circule, amenant le dégagement des filets aqueux qui viennent aboutir à la base du forage. Cette succion, en raison de son énergie, entraîne vers ce point les parties plus ou moins fines qui obstruaient la nappe, et si là la vitesse de l'eau n'est plus suffisante pour les entraîner dans le tube et les rejeter au sol, il en résulte évidemment l'encombrement de la base du forage, encombrement qui, s'augmentant de plus en plus, finit par paralyser complétement l'écoulement de la nappe. Lorsque ce fait a lieu, on est obligé de recourir aux procédés de curage plus ou moins dispendieux, quelle que soit la méthode par laquelle on les exécute.

Nous venons de voir précédemment que l'eau contenue dans les couches aquifères était soumise à une pression hydros-

tatique due à la hauteur de charge des points d'infiltration, et qu'elle s'écoulait plus ou moins vigoureusement, en vertu de la plus ou moins grande différence qui existait entre ce niveau d'infiltration et celui d'écoulement, en tenant compte d'une certaine quantité absorbée par le frottement qu'elle a à subir dans les canaux souterrains. Cette dernière cause influe énergiquement sur les résultats obtenus ; on doit lui attribuer les anomalies que l'on observe, par exemple, dans deux puits ayant une origine commune, des tubages identiques et leur niveau d'écoulement à la même hauteur. Tandis que l'un d'eux donnera un volume d'eau considérable, son voisin donnera moitié moins. Évidemment cette différence tient essentiellement à l'état des canaux souterrains, dans lesquels circule la nappe dans le voisinage immédiat du puits, car, sans cette circonstance particulière, le rendement devrait être le même. Ainsi, les puits de Venise, dans un terrain d'alluvion, placés tous à un même niveau, nous ont donné des résultats essentiellement différents. Jusqu'à présent on a toujours observé que l'ouverture de plusieurs puits, sur un espace circonscrit, n'augmentait pas le volume d'eau en raison du nombre de forages. Ainsi, chez M. le baron James de Rothschild, dans son beau domaine de Ferrières (Seine-et-Marne), nous avons creusé un certain nombre de puits jaillissants dans l'espace resserré qu'occupe une nappe souterraine, au lieu dit de l'Abîme. Chaque nouveau puits augmentait bien la quantité d'eau obtenue, mais au sixième cette augmentation n'était guère que le quinzième du volume total. L'ouverture de chaque nouveau puits donnait lieu à une diminution sur les précédents. L'ensemble de tous ces puits n'a pas fourni plus de 250 litres par minute ; chaque colonne d'ascension était plus que suffisante pour débiter dix fois le volume

total de l'eau déversée. La nappe étant faible, il y avait partage; mais une colonne unique à grande section n'aurait certes pas donné un résultat aussi favorable.

Nous ferons remarquer encore que les nappes artésiennes présentent des phénomènes assez singuliers lorsqu'il s'agit de mesurer par des jaugeages la puissance de leur rendement à différentes hauteurs. Quelques puits donnent à 1, 2, 3 ou 4 mètres au-dessus du sol à peu près le même volume d'eau, et ne commencent à diminuer qu'au-dessus d'une certaine hauteur; d'autres, au contraire, diminuent presque subitement, et quelquefois, à $1^{m}.50$ ou 2 mètres, atteignent leur maximum; d'autres enfin, tout en diminuant rapidement, s'élèvent néanmoins à de grandes hauteurs. De même que des puits dans des conditions extérieures semblables ne donnent que rarement des résultats identiques, de même les expériences faites sur leur force ascensionnelle présentent des anomalies dont on ne peut assigner les causes d'une manière certaine. Non-seulement les sondeurs, mais encore des hommes éminents et consciencieux, entre autres M. Violet, ont cherché à établir quelques règles fixes sur la décroissance des eaux fournies par les sources artésiennes, à mesure qu'on élève leur niveau. Parmi tous les résultats qui leur ont été fournis par l'étude et l'expérience, quelques-uns peuvent être regardés comme certains; d'autres, au contraire, sont tellement inconstants, qu'aucun calcul raisonnable ne peut être fondé sur une base aussi incertaine, lorsqu'il s'agit de prévoir l'effet dynamique probable d'un puits à exécuter.

Lorsque, pour les besoins de distribution, on est obligé de prendre l'eau d'un puits à une certaine hauteur au-dessus du sol, il en résulte le plus généralement une diminution dans le

volume d'eau déversé, et par suite un ralentissement de sa vitesse ascensionnelle dans la colonne. Il n'est pas rare alors qu'au bout d'un certain temps, il y ait dans le débit ordinaire un décroissement sensible, dû presque toujours à un ensablement au pied de la colonne. Ce fait aujourd'hui se prévoit par avance, et le moyen pour y remédier consiste à ménager sur le tube ascensionnel, au point le plus bas possible, un ajutage par lequel l'eau puisse avoir une issue favorable. La source ainsi soulagée de quelques mètres de pression prend une vitesse plus grande et charrie immédiatement les sables qui l'encombraient. Lorsque l'eau est redevenue limpide, on ferme cet orifice inférieur, et l'écoulement reprend à son niveau ordinaire. Cette opération bien simple ne présente aucune difficulté; il suffit que l'ouverture et la fermeture de l'issue inférieure se fasse lentement, de manière à ne pas provoquer de réactions brusques, souvent pernicieuses dans certains terrains peu solides. Si la disposition des lieux ne permet pas l'établissement d'un déversoir au-dessous du niveau ordinaire de jaillissement, on emploie avantageusement pour le remplacer le tuyau d'aspiration d'une forte pompe, que l'on plonge dans le tube d'ascension. La pompe mise en activité d'une manière progressive établit un tirant d'eau plus énergique qui opère la succion des sables plus ou moins fins qui paralysaient l'écoulement; on continue le pompage jusqu'à ce que l'eau ne charrie plus de matières en suspension, et l'on arrête le travail, comme on l'avait commencé, d'une manière progressive.

De ces faits on doit donc conclure, suivant nous, qu'une colonne d'ascension doit être d'un diamètre suffisant, mais rester, autant que possible, en proportion avec le débit probable et naturel des nappes. Il y a fort peu d'inconvénients à ce

qu'une colonne soit un peu petite, pourvu qu'elle ne paralyse pas les opérations imprévues mais possibles des instruments de sondage. Nous croyons qu'il peut et doit s'en présenter de très-graves dans le cas contraire.

En Europe, jusqu'à présent, nous ne connaissons aucune nappe d'eau souterraine, rencontrée par la sonde, qui ne puisse prendre son écoulement d'une manière convenable par des colonnes d'ascension de 0m.20 à 0m.25 de diamètre. Il y a plus, nous ignorons qu'il existe aucune avaleresse de mine, même parmi les plus remarquables à ce sujet, qui, dans ses passages de niveau, ait eu à traverser des couches aquifères susceptibles d'amener naturellement au sol, par des sections de 3 et 4 mètres de diamètre, un volume d'eau incapable d'être maintenu dans les limites extrêmes que nous proposons. Parmi ces avaleresses, il en est cependant qui avaient à lutter contre des niveaux que des machines de 4 à 500 chevaux ne pouvaient épuiser qu'avec grand'peine, et qu'en quelques endroits elles ne purent même vaincre; on retirait jusqu'à 300 hectolitres par minute. L'énorme succion opérée par de semblables pompes se faisait sentir sur les puits situés à plusieurs lieues de distance. Si, par suite d'accident, ou par toute autre cause, on arrêtait la marche des machines d'épuisement pendant un long délai, le puits se remplissait plus ou moins lentement, mais rarement jusqu'à la surface, lors même que la fosse se pratiquait dans le voisinage d'un forage de recherche, qui, pendant son exécution, avait donné des eaux jaillissantes.

En résumé, nous croyons qu'il est permis de tirer de tous ces faits des conclusions qui condamnent les dimensions adoptées au puits de Passy. Néanmoins, l'approbation donnée à un semblable travail par des hommes que l'opinion publique

actuelle regarde, à juste titre sans doute, comme ses oracles, nous fait attendre avec quelque impatience la solution de ce travail, solution qui sera complète lorsque le sondeur, ainsi qu'il s'y est engagé, aura fait pénétrer sa sonde de 25 mètres dans la nappe aquifère où l'on a à peine foré de quelques mètres à Grenelle[1].

Ce que nous venons de dire, et les conclusions que nous en avons tirées, ne constituent pas une théorie nouvelle et hasardée; il y a longtemps que des hommes supérieurs, rendant compte de la théorie des puits artésiens, émettaient déjà des idées semblables. Voici à ce sujet ce que disait, il y a vingt-six ans, M. Amédée Burat, tome III, page 625, de son *Traité de Géognosie*, faisant suite à l'Introduction à cette science publiée en 1828 par M. d'Aubuisson de Voisins.

« Dans la plupart des circonstances, un puits artésien n'est « autre chose que la branche verticale d'un siphon, dont l'au- « tre branche peut être très-peu inclinée, et avoir par consé- « quent son ouverture à de grandes distances. L'eau monte dans « la branche artificielle, c'est-à-dire dans le trou de sonde, « en raison de l'élévation de la branche naturelle. Si cette « branche naturelle est plus élevée que la surface sur laquelle « on établit le puits artésien, l'eau jaillit par ce puits au-des- « sus de la surface, sinon elle lui reste inférieure : il faut, bien « entendu, tenir compte, en calculant la force ascensionnelle « qui résulte de cette reprise de niveau, *des frottements qui « la contrarient, lesquels seront en raison de la longueur « des branches du siphon*.

[1] C'est en pénétrant de 30 à 40 mètres dans les alternances de grès et de sables qui constituent les grès verts à Tours, que la sonde a rencontré successivement cinq nappes jaillissantes.

« Ces frottements limitent aussi la quantité d'eau qui peut « être déversée, de telle sorte que le pouvoir ascensionnel di- « minuera généralement à mesure que *l'on augmentera le* « *diamètre du trou de sonde*, et tel courant d'eau souterrain « qui pourrait reprendre un niveau de plusieurs mètres au- « dessus du niveau du sol, *dans un tube de quelques pouces* « *de diamètre, s'arrêtera au contraire au-dessous lorsqu'on* « *creusera un puits de plusieurs pieds.* »

DES OPÉRATIONS DE TUBAGE.

La méthode d'assemblage des tubes, au moyen de boulons, décrite par M. Degousée, dans le tome XIV des *Annales des mines*, a été longtemps en usage; elle sert encore dans les forages d'exploration, pour la première colonne d'un plus grand sondage, descendue comme guide dans une profonde excavation, ou comme colonne de garantie dans des terrains facilement pénétrables; elle dispense d'un outil à river, souvent dispendieux, n'exige pas des chèvres aussi hautes, fatigue moins les tuyaux dont l'emploi provisoire peut être ainsi souvent répété.

Bien que nous ayons déjà décrit ce procédé à l'occasion des sondages d'exploration, nous allons y revenir pour compléter ce chapitre spécial.

On descend d'abord un premier bout de tuyau dans le sondage, en le saisissant par le haut, au moyen d'un collier en fer, à anses (pl. 6, *fig.* 13), ou d'un simple cordage (*fig.* 12, *voyez* plutôt pl. 21, *fig.* 26); on l'arrête sur le plancher de manière à ce que la frette *b* en soit distante d'une quantité *ba* (pl. 6, *fig.* 2), égale à 1 mètre environ. Ce premier bout bien me-

suré étant descendu et maintenu par un collier E sur le plancher, on en présente un second à la frette; les trous de jonction se rapportant bien, ou étant alésés si leur rencontre n'était pas primitivement exacte, on procède à la pose des boulons à écrous, dont la planche 7, figure 10, offre le dessin. On attache à une ficelle, par le crochet qui le termine, le petit boulon dont on a ôté l'écrou, et on l'introduit dans le tuyau à assembler, en le descendant plus bas que les trous d'environ 40 à 50 centimètres; puis, au moyen d'un fil de fer *ef* (pl. 6, *fig.* 2), recourbé en *e*, que l'on fait passer par le trou à boulonner, on saisit la ficelle à laquelle est attaché le boulon, et lorsqu'on la tient au dehors du tuyau, on la coupe en en laissant un bout par lequel on maintient le boulon suspendu à l'intérieur; l'ouvrier qui se tient en haut la retire, et celui qui travaille au boulonnage tire le petit boulon, à l'aide du bout de ficelle qui le retient; il met son écrou, lime ou coupe, à l'aide d'une scie à fer, la longueur de filets inutile, et passe au trou voisin.

Le tubage, dans les grands travaux, est une des opérations les plus importantes et, en même temps, les plus difficiles en sondage; il demande tous les soins et l'expérience du sondeur. Si beaucoup de trous de sonde ont été abandonnés, c'est que, après les avoir commencés sur un trop petit diamètre, on a été dans l'impossibilité de tuber les couches éboulantes à une grande profondeur; les trous de sonde, déjà munis de plusieurs colonnes, se trouvaient réduits à quelques centimètres seulement de diamètre final. Ainsi, quand on veut explorer, à une profondeur indéterminée, un terrain dont on ne connaît que l'étage géologique, mais non l'épaisseur des couches ni leur nature, il est indispensable de commencer le sondage sur de grandes dimensions, sauf à réduire celles-ci aussitôt que l'on

est certain d'avoir atteint une formation dont toutes les assises se soutiennent et ne nécessitent par conséquent pas de colonnes de garantie. Un sondage à grand diamètre marche, il est vrai, plus lentement; mais les accidents y sont plus faciles à réparer, et c'est déjà souvent une grande économie.

La planche 7, figure 12, indique de quelle manière on s'organise pour procéder à un tubage régulier, c'est-à-dire dont les différents bouts de tubes sont réunis avec une telle solidité qu'ils ne forment plus qu'une seule et même colonne.

Soit *f g* (*fig.* 12) l'ouverture de l'excavation *f g h i* du sondage sur laquelle est installée la chèvre. On descend un premier bout de tuyau dans le trou de sonde en le retenant par un simple cordage (pl. 6, *fig.* 12), ou par le collier de fer (*fig.* 13); sa frette B (pl. 7, *fig.* 12) étant arrivée à $0^m.50$ ou $0^m.60$ au-dessus du plancher, on fixe le tuyau à l'aide du collier à boulons E, représenté en grand (pl. 6, *fig.* 7). Cela fait, le chef sondeur descend sur le premier plancher D' D, établi le plus bas possible dans l'excavation sur deux chevrons ou madriers invariables, et fixe avec quatre fortes pointes les deux planches qui forment collier sur le tuyau; puis il commande à l'ouvrier qui tient la plaque d'un fil à plomb de diriger la tête B, à l'aide du collier E, du côté indiqué par le fil à plomb qu'observe le chef sondeur. Lorsque le tuyau est ainsi placé, suivant un sens, dans un plan bien vertical, l'ouvrier qui est sur le plancher LM lève le plomb et le passe par l'échancrure P du collier, dans une direction perpendiculaire à l'ouverture par laquelle la première opération a été faite; le plomb battant ou plutôt effleurant encore de ce côté le tuyau, on le retire une deuxième fois pour vérifier la verticalité premièrement obtenue; puis, le chef de sonde crie à l'ouvrier du

haut de fixer le collier E, en l'arrêtant latéralement par quatre tasseaux préparés d'avance. Le tuyau inférieur, ainsi bien vertical, est surmonté du bout suivant A B, sur lequel on opère de la même manière, avec le fil à plomb, à l'aide d'un troisième plancher D″ D‴ établi dans la chèvre ; on fixe de même par quatre pointes les deux planches mobiles qui forment collier autour du tuyau, puis on se prépare à river. Sans ces précautions prises minutieusement, on s'expose à réunir les bouts de tuyaux comme le montre la figure 13, planche 7.

Les rivets sont en fer doux, à tête plate (pl. 7, *fig* . 11). Ils sont descendus un à un vis-à-vis de l'emmanchement à ajuster, tirés, de même que les boulons, avec le crochet de fil de fer *ef* (pl. 6, *fig*. 2), et rivés successivement avec les instruments dont il va être question tout à l'heure ; lorsque le rivoir, ou plutôt l'outil à river, s'oppose à ce que l'on descende les rivets avec la ficelle, on les attache ensemble à l'extrémité inférieure de la partie fixe de l'outil (pl. 17, *fig*. 8, *voy*. plutôt pl. 38, *fig*. 1) ; puis, on les tire un à un, avec le crochet de fil de fer pour leur présenter successivement l'outil, ou bien, on les fait tous passer par les trous, en ayant soin de les tenir par les bouts de ficelle qui leur restent; puis, on les maintient tous, d'un coup, avec l'outil à river.

OUTILS A RIVER.

Les outils à river peuvent avoir diverses formes, suivant l'importance du travail à accomplir, et les dépenses d'outillage qu'il peut comporter. Un simple trépan, modifié comme l'indique la figure 6, planche 17, remplit le but lorsqu'on n'a pas besoin de beaucoup d'exactitude; la femelle d'une tige de

sonde pressée par un coin de fer peut aussi servir de mandrin pour les petits diamètres. Ce qui est préférable, dans ce cas, est un cône en fer (pl. 17, *fig.* 8), ayant une partie méplate, sur laquelle la pièce (*fig.* 7) fait coin. Les tiges du cône et du coin dépassent de quelques décimètres la longueur du tuyau dans lequel elles sont mises en œuvre.

Avec le cône, les trous peuvent être tous bouchés par leurs rivets, avant que l'on procède au rivage; mais il en résulte l'inconvénient de ne pouvoir pas bien orienter l'outil.

Un outil plus complet est celui figuré planche 7, figure 9, d'un assez bon usage, et qui peut être construit partout où l'on a une forge.

Il se compose de deux tringles en fer, terminées, l'une ABC, par un tronc de pyramide, muni d'une partie saillante circulaire *lm*, d'une tête A qui la maintient dans la clef de relevée ou pied de bœuf, et, en outre, d'une pièce fixée avec boulons que l'on peut monter ou descendre à volonté, et qui sert à faire jouer le levier PQ autour du point P. La seconde tringle est terminée par une palette *f*, à laquelle on a ménagé deux nervures latérales glissant dans les rainures *ijk* de deux oreilles G: on voit que la palette, en descendant sur la face inclinée de la première pièce, occupe de *f* en *lm* une largeur de plus en plus grande, et qu'enfin il arrive un instant où le point *f*, partie verticale de la palette, en affectant la courbure du tuyau, vient presser la tête du rivet, quelque mince qu'elle soit; on donne quelques légers coups de marteau sur la tête de la tige de la palette en D, puis on coupe le rivet (pl. 7, *fig.* 11) à la lime, au burin ou à la scie, assez pour que l'on n'ait pas besoin de faire tomber la partie inutile avec le marteau, ce qui décollerait la tête à l'intérieur, et l'on rive. La rivure étant

achevée, on laisse la tige ABC en place et on relève la palette *f* à l'aide du levier PQ, agissant de bas en haut sous la pièce RS. Comme les trous de la frette du haut du tuyau correspondent verticalement avec ceux de la frette inférieure, il suffit de tourner la pièce ABC à l'aide du levier jusqu'à un nouveau trou, pour que la palette se trouve, en bas, vis-à-vis d'un nouveau rivet. On peut, du reste, se dispenser de boucher d'abord tous les trous avec les rivets; il vaut mieux, au contraire, le faire successivement, parce que, par les trous voisins, on s'assure de la bonne position de la palette.

La figure 9 *bis*, planche 7, est une modification de la tête de l'outil précédent.

L'outil aujourd'hui complétement en usage dans nos ateliers, et qui nous semble le plus propre à l'opération dont il s'agit, se compose, comme les précédents, de deux tringles (pl. 38, *fig.* 1) à l'extrémité desquelles se trouvent deux masses, formées chacune d'une partie d'un cylindre en fonte (du diamètre intérieur des tubes, moins un centimètre environ) coupé par un plan oblique à la base. Les rivets attachés à une tringle placée sous la masse fixe sont amenés successivement dans chaque trou; pour parer aux cas de maladresse ou d'accident, on a soin d'en mettre un ou deux de plus que le nombre nécessaire. Tous les trous étant garnis, on laisse descendre le rivoir jusqu'au moment où le milieu de la masse fixe se présente en face de la tête des rivets, puis on abaisse la masse mobile, maintenue d'abord soulevée, jusqu'à ce que, ayant glissé sur le plan de section, elle vienne faire coin et forcer les têtes des rivets à s'appliquer exactement sur la surface intérieure des tubes, et les y maintienne assez fortement pour que, leur partie extérieure étant coupée à la longueur voulue, la

rivure puisse se faire convenablement. Quelques rivets peuvent échapper à la première pression du rivoir ; mais un changement de position, lorsque ceux qui étaient pris ont été rivés, suffit pour terminer l'opération.

Par précaution, en cas de rupture d'une des tiges, surtout de celle qui porte la masse fixe, une chaînette réunit ces deux masses pour garantir contre tout accident. Depuis dix ans que nous nous servons de cet instrument, nous n'avons trouvé aucun perfectionnement à y apporter, son application ne laissant plus rien à désirer ; il résiste aussi bien au coup de marteau que le mandrin plein employé par le chaudronnier.

Lorsque l'emmanchement du tuyau à river est un peu grand, c'est-à-dire que la frette serre peu le tuyau qu'on lui présente, il faut avoir la précaution, après avoir mis ce dernier bien vertical au moyen du fil à plomb, de poser deux rivets en regard l'un de l'autre, puis deux autres sur une ligne perpendiculaire à la première, en maintenant toujours la verticalité des deux bouts à réunir.

Il est bon, avant de descendre une colonne de tuyaux, de s'assurer exactement de ses diamètres intérieur et extérieur ; pour vérifier le premier, on passe dans toute la longueur de chaque bout un disque adapté à une tringle, et pour le second, on se sert d'une bague tournée, dans laquelle passe aussi toute la colonne.

La rectitude de la colonne ne doit pas être mesurée avec un compas d'épaisseur, mais bien par l'espace que laissent entre elles deux règles AB, CD (pl. 15, *fig.* 11). Ce mode de vérification est le seul rationnel pour des tubages qui demandent de l'exactitude, et son application est facile partout.

Lorsque, pour un tubage exact, un sondeur reçoit d'un

endroit éloigné de lui une colonne de garantie, il doit en vérifier la rectitude par le moyen indiqué précédemment; si quelques têtes de rivets sont trop grosses, et s'opposent seules à l'interposition du tuyau *efG* entre les règles, il peut les limer à fleur de tôle; si, au contraire, le défaut de calibre extérieur provient de la courbure de l'un des bouts qui composent la longueur *efG*, il peut lui-même y porter remède en chauffant le bout courbe, et en le dressant sur un mandrin de chaudronnier ou à l'aide de son outil à river. Lorsque le diamètre du tuyau est petit, on peut effectuer ce redressement comme on le ferait pour une tige de fer, c'est-à-dire en chauffant la partie la plus saillante de la courbe, et en appuyant sur les deux extrémités; seulement on doit penser à refroidir la partie convexe, pour ramener en ligne droite la partie concave.

Si le sondeur a plusieurs petits bouts de tuyaux à descendre dans le trou de sonde, il peut, pour accélérer la besogne, établir, en dehors de la baraque de l'atelier, un chantier composé de quatre pièces de bois AA'A"A'" (pl. 15, *fig.* 10), situées dans le même plan horizontal, et évidées de manière à embrasser la demi-circonférence du tuyau, ou bien munies de chevilles saillantes remplissant le même but; quand il a plusieurs petites longueurs ainsi emboîtées et posées en ligne droite sur le chantier, il procède au rivage à l'aide de son mandrin double ci-dessus décrit.

On peut avoir besoin d'agrandir le diamètre d'une colonne, lorsqu'il n'y a pas dans le pays d'ouvrier capable d'en faire une nouvelle; on y parvient facilement en défaisant la couture de la petite colonne pour obtenir la grandeur voulue, et en bouchant l'ouverture qui en résulte par des bandes de tôle cintrées préalablement, selon la courbure demandée, et abat-

tues longitudinalement en chanfrein. Les rivets sont espacés de $0^m.10$ de chaque côté de la bande, et placés en zigzag.

Lorsqu'une colonne a été descendue plusieurs fois dans les trous de sonde, les trous des rivets deviennent trop grands, et si les bouts de tubes n'ont pas été repérés, ces trous ne se raccordant pas, il faut encore les équarrir. Au lieu de les agrandir outre mesure, il est urgent, pour la solidité des emboîtements à refaire, de couper chaque mâle, de le présenter à la femelle pour y marquer la place des rivets avec une pointe à tracer, puis de percer de nouveaux trous à la bascule, en ayant soin de les tenir toujours un peu plus petits que les rivets. Le percement de ces nouveaux trous, au moyen de la bascule, est préférable au défoncement de la tôle par un poinçon ou une pointe d'équarrissoir, parce que, si la tôle est aigre, ces deux outils la feraient fendre.

Le sondeur peut aussi, à l'aide de son mandrin double, poser les frettes lui-même, lorsqu'il en rencontre quelques-unes dont les trous ne se raccordent pas avec ceux du mâle, ou qu'elles ont été abîmées par des chocs de mouton, inconvénient que l'on peut toujours éviter avec du soin et quelques précautions.

TUBAGE DES COUCHES SUPERFICIELLES, ALLUVIONS, ETC.

Le passage des terrains tertiaires des environs de Paris nécessite ordinairement trois colonnes de tubes. La première, qui s'appelle tuyau-caisse, intercepte les graviers et sables de rivières ou autres couches meubles, et descend sur les couches compactes; sa longueur, dans les contrées élevées au-dessus

des rivières, est de 8 à 20 mètres. La descente de cette colonne se fait successivement, ainsi qu'il suit : Soient à traverser, à partir du sol, 6 mètres de terres rapportées, puis 14 mètres de sables et graviers; si le niveau des eaux le permet, on pratique une excavation traversant les premières couches, ce qui est toujours d'un grand secours pendant tout le sondage (cependant on peut aussi traverser ces couches avec une tarière d'un diamètre un peu plus grand que celui du tube de garantie que l'on veut descendre; mais ce mode a un inconvénient que n'a pas l'excavation); celle-ci étant convenablement étayée, si les terrains le demandent, on descend un premier bout de tube de 5 à 6 mètres de long, que l'on maintient dans la verticale et dans l'aplomb du câble de la poulie. Si le diamètre du tube est de $0^m.26$ à l'intérieur par exemple, on emploie, pour retirer les sables et cailloux qui se présentent à sa base, une tarière très-fermée de $0^m.18$, dont le talon occupe à peu près les deux tiers de la surface et dont la mèche soit très-couchée, afin que les sables et cailloux n'en puissent pas sortir (pl. 10, *fig.* 5). La longueur de l'instrument n'est que de $0^m.50$ pour des sables maigres et mêlés de gros cailloux roulés; son diamètre est beaucoup plus petit que celui du tube dans lequel il travaille, afin qu'il entre plus avant dans les graviers. On fait, avec cette tarière presque fermée, plusieurs voyages, après lesquels le tube descend par son propre poids, le plus souvent, pendant que la tarière se meut au-dessous de sa base, ou bien au moment où on la retire, en enlevant les cailloux qui la retenaient.

Au lieu d'une tarière fermée, comme celle que nous venons d'indiquer, on peut employer une tarière ordinaire; mais il faut alors glaiser les sables avec des argiles compactes et, en outre,

relever la tarière sans secousses et sans dévissage, autrement les sables qu'elle a pris coulent immédiatement. Si l'excavation est profonde, on s'abstient de monter la tarière chargée jusqu'au sol, on l'élève seulement à la hauteur de l'orifice du tube; si la tarière est surmontée de plusieurs tiges, on peut en faire passer une au-dessus de la chèvre sans la dévisser. Pendant cette manœuvre le sondeur se tient à l'orifice du tube et dirige la tige, de manière à ce que la tarière n'éprouve pas le moindre choc.

S'il se présente, sous la base du tube, un caillou trop gros que la tarière ne puisse prendre ou qui s'oppose même à son passage, on le casse avec un trépan ordinaire, et l'on achève de le sortir à l'aide d'une caracole simple ou d'une caracole à charnière (pl. 13, *fig.* 3). On peut aussi prendre ceux qui ne sont pas trop gros avec un tire-bourre (pl. 10, *fig.* 14), ou bien avec la pince (pl. 13, *fig.* 12).

Le tube doit filer seul, ou en le tournant, si les sables et graviers sont maigres; lorsqu'ils sont empâtés dans les marnes ou les argiles, et que le tube refuse de marcher, on peut, en commençant, le frapper légèrement au mouton, après s'être assuré, en comparant la longueur de la sonde et celle du tuyau à partir du sol, qu'aucun caillou, resté sous sa base, ne s'oppose à sa marche.

Le tube de 6 mètres étant descendu, on en ajoute un autre par les procédés indiqués dans ce chapitre, et l'on continue le vidage dans la colonne.

Lorsque la couche d'alluvions est épaisse, il ne faut jamais oublier de protéger la base de la colonne ou du tuyau-caisse par une frette de 10 à 15 centimètres de hauteur et de 0m.004 d'épaisseur.

Le passage des dépôts épais de sables et graviers ou galets, ainsi que celui des marnes sableuses avec débris de roches, s'opère plus facilement avec des tubes en fer qu'avec ceux de bois, parce que ces derniers ont une épaisseur qui s'oppose à leur glissement, et qu'en outre les élargisseurs, tels que caracole à charnières et autres, y fonctionnent moins bien. On conçoit, en effet, qu'un élargisseur fermé, remplissant à peu près le tuyau, a peu besoin de s'ouvrir pour fouiller au delà de l'épaisseur de la tôle, et dégager la base du tube de ce qui l'empêche d'avancer, tandis que l'aile de l'élargisseur a, pour produire le même effet, bien plus de chemin à faire sous la base d'un tube en bois. Néanmoins, à défaut du premier, on emploie celui-ci. Bien que les frettes intérieures présentent de graves inconvénients pour un travail prolongé, il est quelquefois avantageux de les mettre ainsi pour le tuyau-caisse, cela évite des frottements.

La descente du tuyau-caisse sur le terrain solide, par exemple sur des marnes et calcaires d'eau douce, étant effectuée, on laisse dans l'excavation toute la partie qui s'élève du fond jusqu'au sol, pour servir de guide aux outils qui fonctionneront au-dessous dans ce tuyau. Si l'on tient à marcher au plus grand diamètre possible, le tuyau ayant $0^m.26$ de diamètre intérieur peut laisser descendre librement un trépan de $0^m.25$, avec lequel on traverse, par percussion, les marnes et les plaquettes, ou les bancs calcaires avec lesquels elles alternent. Lorsqu'une cinquantaine de mètres a été traversée dans ce terrain, les éboulements provenant des couches de marnes, ainsi que la chute de quelques fragments des plaquettes ou bancs dont on vient de parler, encombrent le trou de sonde, et il faut alors descendre une colonne de tuyaux de garantie

jusqu'au fond. Avant de procéder à cette opération, l'on vérifie le trou de sonde avec un trépan de frais calibre, ou un long alésoir, pour abattre les aspérités qui pourraient s'y rencontrer. Nous donnerons, en terminant cet article, des détails sur les outils qui se rattachent à l'opération qui nous occupe. Le trou étant alésé, on descend successivement la colonne jusqu'à la profondeur qu'elle peut atteindre librement; si elle s'arrête à 8 ou 10 mètres au-dessus du fond du trou de sonde, c'est que des terrains non consistants s'y seront accumulés pendant le temps que l'on a mis à ajuster la colonne, ou qu'elle-même en aura détaché des parois une grande quantité, ou encore que sa base repose sur une partie saillante produite par le déplacement d'une plaquette ou d'une esquille de banc de roche. Dans la première hypothèse, on nettoie le sondage avec la tarière ouverte ou la soupape, et au fur et à mesure que la vidange se fait, la colonne descend par son propre poids. Dans le second cas, celui où la colonne demeure en place, assise sur la partie saillante de la roche, elle ne passera outre que lorsqu'on aura fait tomber ce fragment résistant avec une caracole à charnière, un trépan à ressorts ou à vis, ou enfin avec tout autre élargisseur dont il sera question plus tard. Pour faire fonctionner l'un de ces outils, la colonne doit préalablement être relevée de 2 ou 3 décimètres, afin de leur laisser de la course. Si le fragment de roche en question, au lieu de n'avancer sous la colonne que de quelques millimètres, s'opposait au contraire au passage de la tarière, on descendrait le trépan pour le casser; il arriverait alors, ou que la cassure aurait lieu au delà de la circonférence de la colonne, et que celle-ci descendrait immédiatement, ou que la roche étant dure et compacte, le trépan ne ferait qu'entamer la partie se pré-

sentant dans la colonne; alors, après le travail du trépan simple, on emploierait l'élargisseur dont il vient d'être parlé.

La colonne arrivée au fond du sondage, on l'y laisse, si l'on est dans l'intention de ne pas la pousser plus loin par la suite; dans le cas contraire, on aura soin de la tenir, comme il est dit plus haut, à 30 ou 40 centimètres au-dessus du fond ou de l'endroit où elle s'est arrêtée. On continue donc le percement des marnes et plaquettes au diamètre de 0m.20, si l'on a fait sa colonne de manière à conserver à peu près le diamètre maximum; et enfin, si nous supposons que la formation du calcaire grossier manque dans la localité où nous opérons pour le moment, on atteint de suite les argiles plastiques faisant partie du groupe des sables inférieurs du terrain tertiaire.

Suivant les circonstances et le but que l'on se propose on doit continuer le forage au plus grand diamètre possible, ou le réduire si l'on suppose que les eaux recherchées sont peu éloignées, et que leur ascension peut surprendre d'un moment à l'autre. On en verra les motifs lorsque nous traiterons de la pose des colonnes d'ascension.

Nous avons dit plus haut qu'un sondage de quelque importance doit toujours, lorsque cela est facilement praticable, être commencé par une excavation aussi profonde que possible. En voici la raison : supposons que les bouts de tuyaux qui composent la colonne à descendre aient 3 mètres de longueur, et que cette colonne doive descendre centimètre par centimètre, au fur et à mesure de l'avancement du forage; il arrivera, à une certaine profondeur, que le dernier bout ajusté dépassera le plancher de manœuvre de 1, 2 ou même 3 mètres, et qu'il sera impossible d'y introduire la sonde sans construire un

échafaudage spécial, ce que la hauteur de la chèvre ne permet pas toujours, et ce qui en outre est fort incommode; tandis que si on a pu pratiquer une excavation de 4 à 6 mètres de profondeur, la colonne une fois ajustée jusqu'au sol peut être conduite au fur et à mesure que le travail de la sonde en donne la facilité, jusqu'à un mètre au-dessus du fond de l'excavation, point où elle peut recevoir une prolongation qui ne dépasse pas le sol. Cette partie descendue, on en ajoute d'autres jusqu'à ce que la base de la colonne ait atteint la fin des couches qu'elle doit intercepter.

Pour enfoncer des colonnes de garantie, on se sert, lorsqu'elles ne sont pas trop longues, d'un mouton en fonte ou en bois, du poids de 250 kilogrammes environ, que l'on peut élever au maximum de 2 mètres de hauteur (pl. 7, *fig.* 2). On protége la frette du tuyau qui reçoit le choc par une doublure (*fig.* 1) que l'on peut y river ou boulonner au besoin, sauf à la retirer lorsque la partie supérieure du tube arrive au fond de l'excavation. Le mouton ne frappe pas directement sur la frette; il en est séparé par une tête ou tampon en bois d'orme fretté, qui entre de 0m.40 à 0m.50 dans le tuyau; lorsqu'on n'a pas à sa disposition un mouton en fonte ou en bois, on peut en construire facilement de diverses formes, exemple (pl. 7, *fig.* 3) : une tige portant une embase est enfilée dans un morceau d'orme, ou de tout autre bois dur, fretté, de 30 à 40 centimètres de diamètre, et traversée par une clavette; le tampon du tuyau est également percé pour le passage de la tige; il est dans tous les cas muni d'une frette en forte tôle pour s'opposer à sa destruction.

Au lieu d'un morceau d'orme fixé sous une embase, et pour éviter de percer la tige pour le passage d'une clavette, on peut

se servir d'un collier ou moraillon AA (pl. 18, *fig.* 7) muni de 4 bons boulons qui le serrent fortement sur la tige de sonde.

Pour faire tourner les tuyaux ou plutôt la colonne, à droite ou à gauche, on prend une corde double (pl. 7, *fig.* 6), bien molle, que l'on passe autour du tuyau (*fig.* 4), puis, dans sa boucle saillante (*fig.* 5), on passe un bâton dont le petit bout presse sur le tuyau pour le tourner; lorsque la résistance à la torsion devient grande, on prend un levier long, mais alors il faut avoir soin de ne pas agir avec ce dernier sans passer, entre lui et le tuyau, une planche mince qui s'oppose à l'aplatissement de la tôle.

Lorsque l'on dérive une colonne, pour éviter de laisser tomber les rivets dans le trou de sonde, on descend avec une ficelle, au-dessous de l'emboîtement, un petit panier en corde (*fig.* 7) dans lequel sautent les rivets chassés par le poinçon. L'ouvrier qui enlève les rivets doit prendre le temps de bien dégarnir au burin la tête de ceux-ci, afin que, chassée au poinçon, elle n'agrandisse pas les trous de l'emboîtement. En ne prenant pas cette précaution, on détruit rapidement les frettes de la colonne.

SYSTÈME DE VIS DE PRESSION POUR L'ENFONCEMENT DES COLONNES DE RETENUE.

On comprend facilement que l'effet d'un mouton pour l'enfoncement de tubes ne présente d'avantage que sur les colonnes de petites longueurs, dont la rigidité peut être plus ou moins complète; mais si son choc doit se transmettre à de grandes profondeurs, il n'en est plus de même. Les colonnes devien-

nent élastiques par suite de leur grande longueur, s'affaissent sur elles-mêmes, et le coup frappé ne transmet pas son action aux parties inférieures soumises seules à des pressions latérales. L'ébranlement causé par le mouton dans toute la partie supérieure de la colonne, surtout lorsqu'elle est enfermée, avec un certain jeu, dans un premier tubage, produit des avaries plus ou moins désastreuses, principalement dans les jonctions.

On évite cet inconvénient en employant un système de vis qui produit des efforts continus et beaucoup plus énergiques. Il est inutile de dire que, pour l'emploi de ce système, la chèvre doit avoir deux planchers, l'un pour la manœuvre de la sonde, et l'autre, au-dessous, pour celle des vis; ce dernier peut être dans une excavation, pourvu qu'elle soit large et solide.

La planche 29, figure 2, indique la disposition adoptée. Sur la tête de la colonne à enfoncer on place une frette A, à oreilles, qui s'ajuste parfaitement dans celle du tube, c'est-à-dire qu'elle porte, aussi exactement que possible, et simultanément, sur l'extrémité de la frette et sur l'extrémité du tuyau. Des deux oreilles BB pendent une série de chaînettes de différentes longueurs, dont les deux dernières se terminent par des écrous qui supportent, à la place de rondelles, deux forts étriers *c*, *c* sur lesquels on fait reposer, à hauteur convenable, un fort collier formé de deux morceaux de bois dur E. Il n'est pas absolument nécessaire que ce collier serre fortement les tuyaux.

Deux pièces de bois F, F, qui passent sous la chèvre et sous le plancher de manœuvre, et y sont solidement fixées, reçoivent deux boulons à chapes semblables à ceux qui terminent les chaînettes; ils sont passés dans deux trous pratiqués dans les pièces de bois et maintenus en dessous par deux écrous qui pressent sur deux étriers *c'*, *c'* semblables aux précédents,

mais légèrement encastrés dans le bois, pour éviter leur rotation lorsqu'on tourne les écrous G G. Dans les chapes desdits boulons viennent s'adapter deux fortes vis filetées D D, qui sont libres dans tout l'espace existant entre les deux pièces E qu'elles doivent dépasser, au moment de la mise en train de la manœuvre, de la hauteur de deux forts écrous G G. Sous ces écrous se trouvent deux plaques en fer forgé qui servent de rondelles et appuient sur le collier.

Ceci étant entendu, on comprend que si l'on vient à l'aide de longues clefs (*fig.* 3) à tourner les écrous G, G, ils appuieront d'abord sur les plaques, et celles-ci sur les colliers qu'elles forceront à s'abaisser et à se rapprocher des pièces fixes contre lesquelles les vis sont arrêtées par les étriers *c'*. Mais le collier étant relié par les chaînettes à la tête à oreilles qui surmonte les tubes, ne pourra descendre qu'en forçant celle-ci à suivre ce mouvement, et les tuyaux à pénétrer dans le sol.

La tête à oreille laissant l'ouverture de la colonne libre pour l'introduction des tiges et outils, on pourra, tout en manœuvrant les vis, continuer à travailler de manière à dégager la base des tubes, et par conséquent à faciliter leur descente.

Ce n'est qu'à l'aide de ce système de pression continue que nous avons pu vaincre les énormes alluvions de Venise. Le poids total de la chèvre et du matériel de sondage installé sur chaque puits étant insuffisant pour s'opposer au soulèvement des pièces fixes P, P, auxquelles sont reliées les vis, nous avons dû y suppléer en donnant à ces traverses une grande longueur, et en les chargeant, aux extrémités, de grandes caisses pouvant contenir plusieurs mètres cubes des matériaux les plus lourds que nous pussions avoir à notre disposition. Malgré cette addition, la pression opérée était souvent telle,

que tout le système se soulevait et était suspendu par moments sur la tête des tuyaux. Néanmoins, les pressions ont pu être poussées jusqu'aux dernières limites, c'est-à-dire jusqu'au moment où la tôle des tubes s'affaissait sur elle-même en plis circulaires.

De même que nous verrons plus loin les vis servir, par une manœuvre opposée, au retrait des tubes et des sondes fortement engagées, de même l'application de longs leviers employés ordinairement pour ces mêmes manœuvres (pl. 18, *fig.* 7) peut également, par un changement de point d'appui, servir à l'enfoncement des tubes.

TUBAGES EN COLONNES PERDUES.

Les colonnes perdues doivent être rarement employées pour le passage des sables, à moins que ces derniers ne soient très-gras et en repos.

Elles constituent un mode économique de tubage dans les couches d'argiles ou de marnes; encore faut-il que l'opération soit conduite par des ouvriers expérimentés et extrêmement soigneux.

Supposons qu'un sondage soit poussé à 200 mètres de profondeur, et que de là à 225 mètres les terrains demandent une colonne de garantie, s'il est possible de ne descendre que 25 à 30 mètres de tuyaux, puisque toute la partie supérieure du sondage n'en a pas besoin, on pourra croire qu'il vaut mieux employer ce moyen que de faire la dépense d'une colonne entière de 225 mètres, dont 200 seront inutiles dans le trou de sonde; eh bien, quand nous aurons décrit la manière de descendre et de conduire à but ce bout de colonne de 25

à 30 mètres, que l'on appelle colonne perdue, et que nous aurons signalé les inconvénients de ce procédé, on reconnaîtra qu'il serait souvent plus économique de tuber, sans hésiter, avec une colonne entière.

La planche 6, figure 8, indique le bout supérieur d'une colonne perdue, laissée, par exemple, à 200 mètres au-dessous du niveau du sol. Ce bout porte une frette aussi épaisse que le permet le diamètre du forage, et qui est fixée à l'extérieur du tuyau ; elle est solidement rivée sur lui et le dépasse d'environ 15 centimètres ; elle est évasée pour éviter les chocs d'outils qui, à la suite d'un certain nombre de voyages, pourraient l'endommager. Elle porte longitudinalement et disposées dans des sens diamétralement opposés deux entailles-baïonnettes de 1 décimètre de longueur sur 2 centimètres de largeur ; la partie horizontale de l'entaille doit avoir 3 centimètres de hauteur. Voici maintenant le but de ces deux entailles : Soit une tige A B C (pl. 6, *fig.* 6) à embase B, portant un écrou D ; sur la partie ponctuée de cette tige, que l'on conserve carrée, sont fixés, entre l'embase B et l'écrou D, 1° une plaque circulaire *i* K *j*, portant deux oreilles *ij* (*fig.* 6) et *ij* (*fig.* 10) ; 2° un tronc de cône en bois E F immédiatement adhérent à la plaque. La circonférence de celle-ci à la naissance des oreilles, ou, ce qui est la même chose, la circonférence supérieure du tronc de cône est égale à celle intérieure de la frette à entailles (*fig.* 8), de manière qu'en introduisant dans celle-ci le cône en bois, les oreilles viendront se poser sur la circonférence et pénétreront dans les entailles, si l'on tourne, en tâtonnant, l'instrument un peu à droite ou à gauche ; lorsque les oreilles sont descendues au fond des entailles, on tourne jusqu'à ce qu'elles buttent au fond de la partie horizontale ; puis, en sou-

levant l'outil, elles se trouvent engagées dans la petite branche des entailles, et s'y tiennent fixées jusqu'à ce que descendant et tournant en sens inverse on les en retire.

Les 25 mètres de colonne étant donc assemblés et munis de la frette entaillée, on y adapte l'outil que nous venons d'indiquer, puis on descend le tout avec la sonde. Lorsque la colonne rencontre quelque obstacle, on a la précaution de ne pas tourner du côté de l'échappement des entailles, mais on presse, au contraire, continuellement l'outil contre le fond de l'entaille horizontale pour être bien sûr de ne pas le décrocher. La colonne perdue étant en place, on retire l'outil en détournant sans forcer, pour ne pas dévisser quelques tiges.

Si la colonne perdue n'a pu descendre qu'à la moitié des terrains qu'elle a à intercepter, on vide à l'intérieur, et, à chaque voyage, elle descend par son propre poids ; si les terrains à vaincre sont certains sables, des marnes sèches ou des marnes graveleuses, elle les interceptera très-bien, parce que l'élargisseur ou un simple crochet surbaissé et chercheur fera aisément tomber les débris qui la retiennent à sa base. Elle pourra même filer dans des terrains neufs que l'on traverserait avec l'élargisseur. Mais voici des cas où il serait difficile et même impossible de chasser une colonne perdue : d'abord c'est la rencontre de sables remontants, ou élevés par des eaux ascendantes ; ces sables, qui peuvent atteindre jusqu'à 0.05 du volume de l'eau, descendent et montent dans le sondage en tourbillonnant pendant le travail de la sonde, et une partie tombe derrière la colonne perdue et la scelle, de manière à ce que non-seulement on ne peut plus la pousser, mais même ne la retirer que par longueurs très-petites. Dans des couches alternativement tendres et dures que l'on alèse ou que l'on

élargit au-dessous de sa base, la colonne descendra comme il est dit plus haut; mais si elle arrive sur un banc non alésé, par son propre poids, sans qu'on ait été obligé de l'y conduire avec la sonde, l'élargissage du banc pour lui livrer passage deviendra difficile en ce que, n'ayant aucune course entre lui et la base de la colonne, on sera obligé de le tailler par-dessous, opération très-longue, dangereuse pour les emmanchements des tiges, et dont la réussite n'est pas toujours sûre; au contraire, avec une colonne entière qui, par son poids, est descendue sur un banc non alésé, on n'éprouve point de difficultés; on soulève la colonne de $0^m.25$ à $0^m.30$ pour donner à l'élargisseur la course dont il a besoin pour fonctionner; l'élargissement terminé, on desserre les colliers qui retiennent la colonne au sol, et on lui laisse parcourir le chemin fait par l'élargisseur, moins la hauteur de la course dont on vient de parler.

Les colonnes perdues présentent aussi l'inconvénient de pouvoir être remontées par les outils; si elles sont légères, les hommes employés au treuil ne sentent, en les enlevant, aucune augmentation de poids; et si le sondeur n'a pas toujours le tourne-à-gauche en main, il verra souvent sa colonne perdue arriver jusqu'au sol.

La chute de la sonde, lorsque les outils ont dépassé, en remontant, la tête d'une colonne perdue, peut encore donner lieu à de graves accidents en brisant la colonne. C'est en considération de ces nombreux inconvénients que nous avons renoncé entièrement à ce mode de tubage, excepté dans le cas où son emploi n'offre aucun danger.

Nous avons parlé plus haut de la frette entaillée et de l'outil que l'on y adapte pour la descente, comme pour le retrait, d'une

colonne perdue, ou pour la tourner à fond, dans un sens ou dans un autre ; on emploie aussi, pour la descendre, un taraud (pl. 6, *fig.* 9). Ce moyen ne paraît pas valoir le premier, en ce qu'il est beaucoup plus coûteux sans être plus sûr.

Pour battre au mouton sur une colonne perdue, on emploie l'instrument (pl. 6, *fig.* 11). Il se compose d'abord d'une tige ronde HE, faisant suite à l'embase CD, et terminée par un écrou E. Dans une frette épaisse AB, du diamètre extérieur de la frette à entailles, est adaptée une seconde frette *ff* qui descend au-dessous de la première de 10 centimètres ; à l'extérieur de cette deuxième frette, et sur cet espace de 10 centimètres, on fixe avec des vis ou des rivets plusieurs tringles *i j*, qui sont maintenues à leur partie inférieure *j* par une autre frette *kk* plus petite que la précédente; au lieu de tringles, on peut employer un cône en forte tôle qui, rivé sur la frette *ff*, prenne à peu près le diamètre intérieur de la frette à entailles ; la frette *ff* doit avoir aussi un peu de jeu sur la tige ronde HE. On voit que, lorsqu'on soulève l'instrument, la frette AB, avec tout ce qui y est adapté, demeure sur la tête de la colonne, la tige HE seule est mobile ; lorsque l'embase CD est assez élevée au-dessus de AB, on abandonne la sonde ou une partie de la sonde à son poids, et la colonne reçoit le choc ; lorsque l'on a suffisamment battu au mouton, on retire l'instrument ; la tige HE s'élève seule jusqu'à ce que l'écrou vienne soulever le reste.

Nous avons dit, en commençant cette description du tubage en colonne perdue, que certains sables, s'ils sont fluides et remontants, s'opposent à l'emploi de ce mode ; on en acquiert la preuve en suivant attentivement le tubage de ces mêmes sables à l'aide d'une colonne entière montant au sol. Certaines couches de sables ligniteux, à Meaux et sur d'autres points du bassin.

de Paris, remontent dans les colonnes de 5, 10 et 30 mètres au-dessus de leurs lits. Leur épuisement est plus ou moins difficile, selon qu'ils sont gros ou fins; dans les deux cas, si l'on n'y prend garde, si les ouvriers n'apportent pas la plus grande célérité à la manœuvre de la sonde, si, étant engagés de quelques mètres dans les sables remontés, ils laissent la soupape une seule minute en repos, les sables chassés au-dessus de l'instrument retombent rapidement entre lui et le tuyau, et le retiennent prisonnier. En tournant la sonde, en la remontant, on entraîne, dans ces deux mouvements, la colonne de garantie, et il faut alors, pour la dégager, qu'elle soit fortement fixée soit avec un levier attaché aux pièces horizontales de la chèvre, soit par tout autre moyen; en imprimant alors à la sonde un mouvement de va-et-vient de bas en haut, on arrive enfin à sortir des sables et la colonne reste à sa place. Si, dans la position dont nous venons de parler, on avait eu une colonne perdue, on l'aurait infailliblement remontée au sol, adhérente à la soupape, et l'on aurait détruit, par un nouvel encombrement de sables, l'ouvrage de plusieurs jours. Cela nous est arrivé plusieurs fois, et ce n'est qu'avec une attention excessive et du temps que nous sommes parvenus à vaincre, par les colonnes perdues, des couches puissantes de sables fluides.

En général, nous ne saurions trop le répéter, l'emploi de colonnes perdues ne doit avoir lieu que lorsqu'un sondage approche de sa fin, et que leur secours est limité à une durée de quelques jours seulement. Leur usage est souvent si funeste qu'il a donné lieu parmi les ouvriers sondeurs au dicton suivant : *colonne perdue, puits perdu.*

Un moyen économique et plus rationnel consiste dans le raccordement de colonnes de diamètres différents, lorsque le

sondage en contient déjà un certain nombre. Supposons que, dans un sondage, on ait été obligé de descendre une première colonne à 100 mètres de profondeur, qu'une seconde ait été descendue à 250 mètres, pour tuber 25 ou 30 mètres des terrains inférieurs seuls éboulants, que le sondage ait pu être poussé jusqu'à 320 mètres, mais que là se présente de nouveau la nécessité de tuber. Une colonne entière serait coûteuse, mais on peut, puisque les 100 premiers mètres sont garantis par le premier tubage, que les 100 suivants sont dans un terrain solide, faire une section de la seconde colonne à 200 mètres, et remonter ces 200 mètres sans aucun danger, puisque la première colonne, la partie du terrain solide et les 50 mètres abandonnés de la seconde, donnent toute sécurité. Au moyen d'un raccordement en cône de 5 à 6 mètres de longueur, on unit ces 200 mètres de tuyaux à un prolongement de 130 ou 150 mètres (suivant les prévisions) d'un diamètre plus petit. On économise ainsi 200 mètres de tubes, tout en conservant les avantages d'une colonne venant au jour. Comme on peut savoir à peu près la distance que l'on aura à faire parcourir à la dernière fraction de la colonne, on doit s'arranger de façon à ce qu'une longueur suffisante du petit diamètre reste en contre-haut de la partie de colonne abandonnée, car une fois la partie conique, qui joint les deux colonnes, arrivée à ce point, on ne pourrait aller plus loin.

DIFFICULTÉS DE TUBAGE.

Nous ne saurions entrer dans trop de détails sur le passage des sables et des argiles qui a longtemps été l'écueil des sondeurs, et qui présente encore d'assez grandes difficultés aux ouvriers expérimentés et les décourage souvent.

Le tubage des sables très-argileux se fait vite ou du moins facilement. Ces sables s'extraient avec une tarière ouverte ou une soupape; comme ils sont assez consistants pour se maintenir sans éboulement pendant plusieurs heures, on en profite pour forer, au-dessous de la colonne, 3 ou 4 mètres, puis les sables éboulent, et la colonne, n'ayant aucun appui à sa base, tend à remplacer le vide qui vient de se former et descend; si les sables sont assez consistants en certaines veines pour ne pas tomber, on agrandit le trou que l'on y a pratiqué à l'aide des élargisseurs décrits plus loin; on a soin de ne pas laisser descendre la colonne sur les veines dures, avant qu'elles soient alésées, car on serait obligé de la relever pour laisser fonctionner l'élargisseur.

Les sables argileux, en contact avec une grande hauteur de colonne, surtout lorsque celle-ci a un diamètre assez fort, s'opposent par leurs pressions latérales et par leur adhérence à la descente libre de cette colonne, au delà d'une certaine limite; on est alors obligé d'avoir recours au poids de la sonde, qu'on laisse poser sur la tête de la colonne à l'aide de la griffe; puis, lorsque cette simple pression ne suffit pas, on emploie les chocs, ou mieux les vis.

Les sables secs et purs ne permettent pas à l'outil foreur de descendre beaucoup au-dessous de la base de la colonne, et si l'on tient à aller en avant, on est obligé d'employer la glaise. Il arrive que, par ce moyen de glaisage, on peut passer quelquefois au delà d'une couche de sables secs, lorsqu'elle est peu épaisse; mais, lorsque sa puissance dépasse plusieurs mètres, et qu'en outre le sondage doit être continué beaucoup plus profondément, il convient de la tuber le plus tôt possible. Il suffit, pour cela, d'extraire les sables, dont le niveau s'élève

rarement au-dessus de $0^{m}.50$ dans la colonne; au fur et à mesure que l'on vide et que l'on prend du fond, la colonne descend. Quelquefois il convient de ne pas laisser la colonne descendre sans interruption, parce qu'elle tend à se sceller trop tôt à sa base; alors on l'arrête par un collier sur le plancher, jusqu'à ce que le vidage convenable soit effectué. Si une couche de sables secs se prolonge tellement que l'épuisement à l'intérieur ne suffise pas pour faire descendre la colonne, et qu'il y ait cependant de l'espace entre sa base et le niveau des sables, on en conclut que les frottements latéraux s'opposent à son enfoncement, et l'on exerce des pressions, puis des chocs, et enfin les deux efforts combinés, lorsque cela se peut.

On ne doit pas employer les chocs pour le passage des sables fluides et remontants, qui sont généralement imprégnés d'eaux; dès que la colonne porte sur ces sables, et qu'ils s'y élèvent de 1 mètre seulement, les coups de mouton ne produisent aucun effet. Il n'y a qu'un soupapage, effectué avec vigueur et persévérance, qui puisse produire la descente libre d'une colonne à travers une couche de sables fluides. Si les sables s'élèvent de 5, 6 et 10 mètres dans la colonne, celle-ci ne descendra pas tout le temps que l'on ne sera pas arrivé à sa base avec la soupape, ou au moins à 1 mètre ou $1^{m}.50$ de la base. Si l'on parvient à passer au-dessous, elle descendra de suite, soit pendant le travail de l'outil, soit au moment où celui-ci remontera dans la colonne.

Il ne faut jamais laisser la sonde en repos tant que l'outil est environné de sables, parce que ces derniers se tassent aussitôt entre l'outil et la colonne, et le retiennent prisonnier. Il est indispensable que la sonde soit toujours en mouvement

pendant que l'on défait ou que l'on place les manches; un mouvement de va-et-vient, sans rotation, suffit pour éviter un scellement.

Dans cette circonstance, l'application de la sonde creuse, comme celle de M. Fauvelle, ou simplement le secours d'une vigoureuse injection d'eau, au moyen des tubes et de la lance d'une pompe à incendie, est une bonne chose. On a vu précédemment, à la description du système Fauvelle, que nous avons recours à ce moyen depuis plus de vingt ans.

Certaines argiles, et notamment les argiles plastiques, ont l'inconvénient de se gonfler lorsqu'elles entrent en contact avec l'eau. Ces couches argileuses se forent quelquefois sans aucune difficulté et assez rapidement; mais si, aussitôt traversées, comme elles ne laissent aucun doute sur leur fluidité, on descend une colonne, il arrive souvent que celle-ci, avant d'être arrivée à fond, est retenue par le gonflement qui s'est opéré entre la fin du sondage et le moment où le tubage a commencé à y pénétrer. Ce gonflement est souvent tel qu'au bout de quelques mètres les colonnes s'arrêtent et refusent d'aller plus loin. Il faut alors les remonter et recourir à un alésage. Ayant été souvent en présence de cette difficulté, voici le moyen que nous avons employé : après avoir atteint par le forage les couches inférieures, nous laissions, pendant un jour ou deux, les argiles en contact avec l'eau faire leur effet. Nous alésions alors et préparions la colonne, de manière à la descendre le plus rapidement possible. Une fois tout prêt, nous recommencions l'alésage, et quand il était terminé et que nous étions bien assurés que la colonne avait sa place libre, nous la descendions, en ayant soin de l'enduire d'une bonne couche de graisse. Ce moyen nous réussit parfaitement,

et nous fait éviter souvent des retards et des tâtonnements fâcheux.

Il est très-important, lorsqu'une colonne est descendue dans les argiles, et que son pied s'y trouve engagé, de procéder avec prudence au dégagement de sa base. Les argiles rencontrées par les soupapes dans l'intérieur de la colonne, où elles occupent quelquefois une hauteur de plusieurs mètres, ne sont pas assez compactes pour s'opposer, sous le poids des tiges, à la pénétration d'un outil cureur. Celui-ci s'y enfonce donc plus ou moins, mais en serrant, entre lui et les parois des tubes, une portion des argiles qui se moule dans cet espace annulaire, et constitue un véritable cylindre dont la soupape devient le piston. Au moment où l'on tente le retrait, il n'est pas rare que le vide produit sous la soupape, devenue piston plein, soit assez parfait pour que les pressions à l'extérieur de la colonne soient suffisantes pour amener son aplatissement à l'endroit où le vide s'est produit (*voy.* page 19). Si le puits est profond, et que la colonne d'eau soit très-haute, il faut souvent, pour se dégager, de grands efforts qui amènent quelquefois la rupture des tiges. Pour éviter cet inconvénient, on ne doit laisser pénétrer les soupapes que lentement en leur imprimant un mouvement de rotation et de pompage continuel.

OUTILS ÉLARGISSEURS.

Pour éviter la multiplicité des colonnes de garantie, et en même temps les dépenses auxquelles elles donnent lieu, on fait traverser à une même colonne la plus grande épaisseur de terrains éboulants, ou bien deux ou plusieurs couches non consistantes espacées entre elles. Soit une colonne descendue

à 200 mètres, ayant un diamètre de $0^m.165$ intérieur, et interceptant déjà 12 mètres de terrains meubles; à 250 mètres, on rencontre une couche qui nécessite un nouveau tubage; on conçoit que si, à 500 mètres de profondeur, par exemple, on doit avoir un diamètre final déterminé, on n'y parviendra pas si, de 50 en 50 mètres, on descend une colonne, toutes les fois que de nouvelles couches éboulantes l'exigeront, et il arrivera, avant la fin du travail, un instant où ce diamètre, loin d'être celui que l'on devait conserver, sera tellement réduit que la continuation du sondage sera impossible. Au lieu donc de descendre une nouvelle colonne à 250 mètres, il faut faire descendre celle de $0^m.165$ que l'on a laissée à 200, à peu de distance du terrain solide qui suit la couche éboulante. Le diamètre de la colonne à l'intérieur est de $0^m.165$; son diamètre à l'extérieur est de $0^m.185$, à cause de l'épaisseur de la tête des rivets; il convient donc d'élargir le trou de sonde entre 200 et 250 mètres, non-seulement à $0^m.185$, mais à $0^m.20$, de manière à laisser quelque jeu entre le trou nouvellement élargi et la colonne à faire descendre.

Les outils employés à cet effet se rangent en deux catégories : ceux que l'on meut par rotation, employés seulement à peu de profondeur ou dans des couches très-tendres, et ceux que l'on meut par percussion, lorsque les roches sont dures ou que les tiges sont trop légères pour résister aux efforts de torsion.

ÉLARGISSEURS MUS PAR ROTATION.

Pl. 12, *fig*. 8 et 9. Une tige A B, terminée par une chape dans laquelle se meuvent deux lames C D, autour d'un axe X,

poussées par un ressort double P S K, constituent ce qu'on appelle une patte d'écrevisse. Les joues de la chape sont maintenues 1° par le boulon X ; 2° par le boulon X′, qui retient aussi le ressort ; et 3° par le boulon X″. Les lames sont disposées en tranchants, pour détacher les argiles et la craie qui sont les terrains dans lesquels cet instrument est destiné à travailler. Il peut abattre aussi quelques rognons ou des pointes de roches, pourvu qu'ils ne tiennent pas trop fortement.

La patte d'écrevisse à ressort est un instrument ancien, réformé ou à peu près. On peut lui donner de la solidité en prolongeant sa chape jusqu'à l'extrémité des lames, et plus de puissance en le munissant de ressorts latéraux, comme ceux de la figure 14. Il faut arrêter la bande des ressorts à la limite du diamètre voulu ; car, si les lames s'ouvraient de manière à présenter trop de porte-à-faux sur les joues de la chape, un effort léger suffirait pour les faire rompre dans la charnière. Nous avons enlevé, dans la figure, une des joues de la chape, pour laisser voir les lames à découvert.

Les figures 16 et 17, planche 12, représentent deux caracoles à charnières, ainsi nommées parce qu'elles ressemblent, lorsqu'elles sont à moitié fermées, à une caracole ordinaire. La première (*fig.* 16) se compose d'une tige A B, terminée par une lame C, dont l'extrémité inférieure est du diamètre du trou, moins 1 centimètre et demi à 2 centimètres. Cette lame peut n'avoir que 3 centimètres d'épaisseur, et porter seulement deux parties saillantes et arrondies D D′, *e e′*, entre lesquelles on ajuste l'aile H, au moyen d'un boulon *f g*, de 3 centimètres lorsque le diamètre le permet, et autour duquel cette dernière tourne d'un arc déterminé, suivant l'ouverture que l'outil doit prendre. L'aile porte un talon *y y′* (*fig*, 18) qui vient butter

contre la saillie que lui présente la partie ménagée entre les deux joues D D', *e e'*; cette partie est entaillée seulement pour laisser place à une saillie *j* que porte l'aile, et que le ressort I K, fixé en I et *m'* sur la tige de l'outil, presse pour faire ouvrir l'aile. La partie latérale de la lame n'occupe le diamètre du trou à élargir qu'à sa partie inférieure; plus haut, elle se confond avec la première joue D D', afin que l'on n'éprouve pas de difficulté à la faire rentrer dans le tuyau. Cet instrument est assez bon, en ce que la lame est maintenue ouverte par le ressort I K, et qu'ensuite il n'est sujet à aucun inconvénient, vu l'inclinaison de l'arête extérieure de l'aile et le peu de grandeur de l'arc *a b* qui lui permet de se fermer facilement.

L'outil figure 17 est semblable au précédent, seulement l'aile n'est pas forcée de s'ouvrir par la pression d'un ressort, et, pour le motif suivant, la lame de l'outil est plus longue : lorsque l'aile arrive au bas de la colonne, si une lame longue, demeurant dans celle-ci, ne la guide pas, elle s'écarte au delà de la circonférence que l'on veut atteindre, et cela sans autre but que d'agir sur des fragments de terrains qui ne nuiraient pas à la descente de la colonne, puisqu'ils en sont éloignés. Avec une longue lame, au contraire, qui oblige l'aile à décrire une circonférence concentrique à celle de la colonne, on a moins de force à employer pour tourner l'outil, puisque l'aile n'agit que sur les pointes de roches qui s'avancent en dedans de la circonférence du tuyau. On peut ainsi descendre au-dessous de ce tuyau, jusqu'à ce que la lame l'abandonne, et être certain que le passage que l'on a pratiqué permettra au tuyau d'y descendre.

C'est par précaution que nous indiquons le haut de l'aile comme devant être arrondi; cette forme a, il est vrai, l'incon-

vénient de ne pouvoir atteindre un rognon ou une pointe de roche sur laquelle reposerait immédiatement la colonne; mais elle facilite la rentrée de la lame dans le tube. On peut, lorsque le cas l'exige, faire la partie extérieure de l'aile verticale, en limant en biseau la surface horizontale supérieure, de manière à ce que, par un léger mouvement à gauche, elle se ferme en rentrant dans la colonne. On a indiqué aussi sur la lame deux oreilles saillantes pour y adapter l'aile et son boulon; on peut les éviter en prenant du fer assez épais, de 4 à 5 centimètres, par exemple. L'outil est plus facile à construire de cette manière; il suffit de percer dans le bas de la lame et dans le sens de sa hauteur un trou de 2 à 3 centimètres, pour le passage du boulon qui se visse dans l'épaisseur de la lame elle-même, qui est évidée pour la place de l'aile. Le dos de celle-ci, lorsqu'elle est ouverte, porte contre le fond de l'entaille.

L'aile à partie extérieure verticale est utile dans le cas suivant : dans un terrain où les fragments de roches ne sont pas solidement empâtés par des argiles ou des marnes, la colonne, après avoir parcouru le passage de 1 mètre ou 2 que lui a fait l'élargisseur, peut s'arrêter subitement sur un de ces fragments; si la colonne est libre, si elle a descendu par son poids seulement sur cet objet résistant, on la relève de 30 centimètres, et l'on redescend l'élargisseur pour abattre le fragment; dans ce cas, il ne se présente aucune difficulté. Si, au contraire, la colonne est violemment chassée à coups de mouton, de manière à ce qu'il faille faire de trop grands efforts pour la relever, on est obligé de la laisser porter sur le fragment de roche, et de détacher ou repousser celui-ci avec l'instrument dont il est question, si l'on n'en a aucun autre à sa disposition.

Fig. 19. La patte d'écrevisse à vis a beaucoup d'analogie avec celle décrite plus haut; elle en diffère, toutefois, en ce que les ailes sont mobiles autour d'un boulon fixé à la partie inférieure de la chape cylindrique ; les ailes sont courbes et ne présentent leur plus grand diamètre que vers le milieu. Ces ailes sont ouvertes par la vis C, terminée par un cône rapporté D, fixé par un goujon *e*. Leur écartement est limité par les pièces N, N, rapportées ou réservées dans la chape. Elles sont disposées en tranchants, comme celles de la patte d'écrevisse à ressorts. Si l'une d'elles cassait dans son milieu, la partie inférieure restante pourrait former arrache-tuyaux et obliger au retrait de la colonne ; mais une pareille fracture est presque impossible, attendu que cet instrument nécessite, pour être solide, un diamètre de 12 à 15 centimètres qui permet de donner aux ailes beaucoup d'épaisseur. Du reste, leur écartement peut être non-seulement limité par les pièces N,N, mais encore par des prisonniers posés plus bas.

Pl. 15, *fig*. 4. On peut encore composer un élargisseur, pour les terrains tendres et faciles, avec deux tiges arquées, mobiles l'une sur l'autre, autour d'un axe O. La tige inférieure est terminée en un couteau A, qui entre dans la chape de la tige supérieure; celle-ci pesant, ainsi que toutes celles qui la surmontent, sur la tige inférieure, rend l'angle BOD de plus en plus aigu, et le couteau appuie de plus en plus contre le terrain qu'il détache en tournant.

La figure 9, planche 32, indique un vérificateur déjà décrit, qui peut servir également d'élargisseur dans des couches tendres.

Enfin un instrument (pl. 30, *fig*. 9 et 10), imaginé par un de nos directeurs de sondages, M. Ribet, et manœuvré

par lui très-habilement dans nos sondages de Moselle et de Belgique, est encore très-propre à l'élargissage d'un trou de sonde. Cet instrument, baptisé du nom d'*excentrique*, par suite de la position en dehors du centre de la tige porte-lame, se compose d'un cylindre en tôle forte, portant dans son intérieur, en A et B, deux épaisses plaques rendues fixes à l'aide de prisonniers taraudés et rivés, à l'extérieur, sur des frettes servant en même temps à protéger le cylindre contre l'usure produite par le frottement sur les parois du sondage. La tige porte-lame est maintenue par deux embases entre les deux plaques; elle peut tourner librement et décrire la portion de cercle limitée entre l'arrêt D fixé dans la plaque inférieure, et l'arrêt E formé par un prolongement de la tôle du cylindre. La lame ou main se place en dessus ou en dessous du cylindre, suivant que l'on se propose ou non de recueillir des fragments de la roche à élargir. Lorsque la lame se développe, le dos du cylindre appuie sur la paroi du trou, et fait agir la lame avec énergie sur la paroi opposée. On agit ainsi par secousses successives en imprimant à la sonde un mouvement circulaire alternatif, en même temps qu'un mouvement vertical continu de va-et-vient. Cet élargisseur par rotation peut cependant opérer aussi par percussion; il suffit pour cela de changer la disposition des lames de manière à ce qu'au lieu de présenter le coupant dans le sens vertical, elles le présentent alors, en dessous, dans le sens horizontal. Il sert également comme coupe-tuyaux, par la substitution de couteaux aux lames dentées.

ÉLARGISSEURS MUS PAR PERCUSSION.

Les figures 1 et 7, planche 12, représentent un trépan à ressorts d'un système ancien; il se compose de deux lames posées sur la face d'une partie évidée XXXX (*fig.* 7), de manière à ce que les lames occupent le milieu de l'épaisseur XX. Ces lames sont mobiles autour des boulons *jj* (*fig.* 1 et 7), dont les têtes sont noyées dans une plaque RZ, de même largeur que X″X‴. La partie inférieure de l'outil est fermée par une pièce B portant des rebords évidés suivant la forme triangulaire du tranchant des lames; cette coïncidence de forme est importante pour éviter que des débris, et surtout des sables fins, ne s'introduisent entre les lames, ce qui les empêcherait de se fermer. La pièce B est fixée entre la partie de derrière et la plaque RZ par les boulons KK. Les lames sont maintenues par la même plaque, qui est pressée contre la partie P à fleur de ces lames par les boulons *jj*. Le corps de l'instrument, si l'on en ôte les lames, a la forme d'un parallélipipède X′ (*fig.* 6), dont on aurait abattu les arêtes pour occuper un diamètre moindre. Les deux lames sont poussées latéralement par deux ressorts à deux branches s'enfourchant l'un dans l'autre, et auxquels on donne le plus de bande possible; mais comme l'espace que laissent entre elles les lames est restreint, les ressorts ne peuvent pas être bien puissants. La plaque RZ est munie de deux mortaises pour recevoir les goujons CC (*fig.* 1 et 5) qui, en buttant aux extrémités des mortaises, s'opposent à l'écartement trop grand des lames. Au lieu de goujons, on peut ajuster sur les lames des parties saillantes à queue d'aronde. Si l'on demande un élargissement de 4 centi-

mètres, chaque lame a un chemin de 2 centimètres à parcourir. Pour introduire l'instrument dans le tuyau, on rapproche les lames au moyen d'une corde serrée avec un levier; une fois les lames introduites, on enlève les liens. Lorsque le trépan à ressorts est descendu au bas de la colonne, ses lames s'écartent au diamètre voulu, et l'on commence la percussion de la même manière qu'avec un trépan simple, en donnant toutefois à la chute moins de hauteur.

Au lieu de 2 lames on peut en mettre 4 en donnant au fût la forme figure 2. Les lames se placent alors deux à deux sur chacune des faces AB, LM, et, au lieu d'être recouvertes de chaque côté par une plaque épaisse, comme RZ de la figure 7, elles le sont par du fer battu ou de la tôle épaisse. Ces plaques ne permettant pas les mortaises d'arrêt dont nous avons parlé plus haut, on donne au bas des lames, et en dedans, la forme indiquée en A figure 11, de manière à les empêcher de sortir au delà de la partie pleine N (*fig.* 2).

La figure 11 fait voir un élargisseur dont les lames sont écartées par des ressorts aussi puissants que l'on veut les employer. Une plaque K, terminée par une tige de 50 à 60 centimètres de longueur, porte, à sa partie supérieure, une partie saillante de chaque côté *f* (*fig.* 13), dans laquelle est encastrée chacune des lames H (*fig.* 11) fixée sur la pièce K par un boulon, dont la tête plate AB a pour but de tenir adhérente la pièce H contre la pièce K. L'écrou E du boulon est rond pour occuper moins de place; les lames ont les taillants à double effet, c'est-à-dire que, sur champ, ils présentent aussi une ligne droite perpendiculaire à la ligne du biseau de la partie plate. Une réunion de deux ou trois ressorts, semblables aux ressorts de voiture, fait mouvoir chaque lame dont

l'écartement est limité par les taquets Y Y y, qui se présentent à la partie A de la lame. Les ressorts sont fixés au bas de la tige par des boulons assez solides, et leur bande est limitée par des prisonniers P P P implantés sur la tige. Ces prisonniers sont fort utiles en ce que, si les ressorts viennent à abandonner la lame, ils ne s'écartent pas de toute leur bande, et ne forment pas sous la colonne un véritable arrache-tuyaux (instrument que nous décrirons plus loin). Les lames, au lieu d'être arrêtées par les taquets Y Y y, peuvent l'être par un goujon ou une pièce à queue d'aronde, ainsi que cela a été dit pour l'élargisseur représenté figure 1.

Cet outil est d'un excellent usage dans un trou de sonde où il n'y a pas d'éboulements; il peut être très-solidement construit, et n'est sujet à aucun inconvénient si les ressorts sont limités avec soin, ou encore, ce qui vaut peut-être mieux, s'ils sont contenus par des bagues minces qui les entourent en même temps que la tige. Pour éviter le choc des taillants contre les parties saillantes de la colonne, telles que les têtes de rivets, ou les frettes de jonction, si elles sont intérieures, on munit le bas des lames d'un petit bouton arrondi qui tient les taillants distants de la tôle de 2 à 3 centimètres.

Fig. 14. Lorsque le trou de sonde est embarrassé de débris et qu'il faut néanmoins faire fonctionner l'élargisseur, au lieu de fixer des ressorts de bas en haut, on les adapte sur la tige de l'instrument avec deux boulons à écrous; ils sont fixés aux lames par deux boulons à tête large et plate B, B, que l'on ne serre pas trop pour laisser aux lames leur libre mouvement, et qui cachent les ouvertures elliptiques pratiquées dans les ressorts. On conçoit que si les petits boulons B, B remplissaient

exactement leurs passages, les ressorts ne pourraient pas fonctionner.

Il vaut mieux employer deux ressorts minces, placés l'un sur l'autre pour chaque lame, qu'un seul épais, mais qui est plus sujet à casser. Si l'on fait des ressorts en acier ordinaire, on les trempe à l'huile chaude; il vaut mieux employer de l'étoffe, c'est-à-dire de l'acier à ressorts que l'on trouve chez les carrossiers, parce que sa trempe est plus facile et moins dangereuse. Si ces ressorts viennent à casser dans leur milieu, la partie inférieure s'écarte latéralement et peut former arrêt sous la colonne; pour annuler l'inconvénient qui peut en résulter, il faut arrondir leur extrémité et la laisser assez distante de la saillie où est placé le bouton C, pour que la partie cassée puisse tourner et se renverser de haut en bas. Le ressort cassé, et ainsi renversé, fera probablement coin entre le bec de la lame et l'intérieur de la colonne, et tendra à rapprocher les lames au delà de la limite nécessaire; mais, comme à l'intérieur du fût, qui est en tout semblable à celui de la figure 1, elles peuvent se fermer de 1 centimètre de plus que cela n'est nécessaire pour leur passage dans la colonne, la présence du ressort faisant coin n'opposera au retrait aucune difficulté.

Fig. 13 *bis*. Deux branches A B, A C, de 1 mètre de hauteur sur 5 à 6 centimètres de côté, peuvent composer très-simplement un élargisseur à ressorts. Pour leur donner de la résistance à la torsion, on munit l'intérieur de la fourche d'une feuille de forte tôle A*bd* (*fig.* 13 *bis*), *aabb* (*fig.* 12 *bis*) et *abcd* (*fig.* 15) fixée aux branches par des rivets, de 10 en 10 centimètres; les branches sont terminées par des taillants *kk* (*fig.* 15), disposés suivant le diamètre et suivant la circon-

férence du trou, ainsi que nous les avons indiqués précédemment. On serre les branches pour les introduire dans le tuyau, et leur propre élasticité les fait s'écarter dans le trou de sonde. Les branches prennent la largeur du trou, ou à peu près, de *f* en G (*fig.* 12 *bis*).

L'inconvénient de ce simple instrument, qui ne convient, du reste, qu'à des terrains assez tendres et peu difficiles, est d'exiger une grande course depuis la base de la colonne jusqu'à la surface à attaquer; cet inconvénient disparaît si la colonne ne doit pas descendre de suite près de cette surface, pour empêcher l'éboulement des débris meubles qui encombrent le trou.

Quelque puissants que soient les ressorts d'un élargisseur, le poids de la sonde tend toujours à les faire céder et à permettre aux lames qu'ils poussent de se fermer, sinon tout à fait, du moins d'une quantité telle qu'elles n'occupent plus rigoureusement le diamètre voulu, c'est-à-dire celui de la colonne, plus 1 à 2 centimètres. On conçoit, en effet, que si les taillants latéraux des lames sont arrondis, que si en outre ces lames rencontrent des roches déjà émoussées, la pesanteur de la sonde qui agit sur les lames pour casser ces roches se décompose en deux forces dont la résultante pousse la lame vers le centre du trou de sonde, et la fait glisser sur la roche sans effet utile. Un élargisseur ne remplit donc complétement toutes les conditions, pour certains terrains du moins, que lorsque ses lames ouvertes conservent invariablement leur position. Les tiges à enfourchement et boulons, rejetées à cause de leurs nombreux inconvénients, trouveraient un utile emploi dans l'élargissement qui nous occupe, en ce qu'elles donnent les moyens de construire les élargisseurs d'une manière fort

simple et en même temps très-solide; mais, comme on ne peut, sans d'énormes frais, avoir dans le même sondage des tiges de différente nature, et dont les unes surtout ne seraient employées que dans des cas exceptionnels, nous allons décrire le trépan élargisseur à lames fixes, qui, avec la sonde à vis ordinaire, est un assez bon instrument.

Fig. 20, pl. 12. Une tige A B C, portant une vis C, est terminée par un cône D, qui y est fixé par un goujon; la partie inférieure de l'embase B est en forme d'hélice, de manière à présenter un point d'arrêt sur la douille K K de même forme, ainsi que cela se voit pour un autre instrument (pl. 14, *fig.* 6 et 7). Ce point d'arrêt est destiné à empêcher la vis de se serrer trop fortement sur la douille, afin qu'on puisse la dévisser par le plus léger effort à gauche. La douille pleine K K, au lieu de se continuer jusqu'en Y, est évidée en forme de chape, pour recevoir les lames G G G' *h h h'*, mobiles autour d'un fort boulon, à tête noyée *f*, de telle sorte que les parties courtes G. *h*. étant écartées, les parties inférieures *h'* G' le soient proportionnellement aux arcs parcourus par les premières; les pièces P *b* bouchent latéralement la mortaise ou chape au-dessous de la douille, et servent de point d'arrêt à l'écartement outre mesure des lames, ainsi que de points de résistance aux chocs qu'elles éprouvent; la mortaise est fermée aussi en Y, par une seule pièce rapportée et fixée par des boulons à têtes perdues S S. Les taillants sont simples, comme G'*h'*, ou à traits composés, comme ceux dont nous avons parlé en décrivant les outils représentés figures 5, 11, 13 *bis* et 15; mais ils sont courbes suivant la circonférence décrite du point *f*. (Le dessin présente une coupe de la douille et de sa partie suivante, on a laissé entières la tige et les lames.)

Lorsqu'on descend cet élargisseur, la vis est au haut de sa course, et ne peut sortir de la douille puisque le cône s'y oppose; les lames sont entrées dans leur mortaise commune. Arrivé à l'endroit que l'on veut élargir, on tourne la vis à droite; le cône, en s'avancant entre les petites branches, fait ouvrir les grandes, jusqu'à la surface d'arrêt dont il est question plus haut. On est toujours certain que les lames s'ouvriront, parce que l'outil ne tourne jamais sans rencontrer quelque obstacle, et si léger que soit ce dernier, la vis doit fonctionner. Lorsque l'on cesse de battre, on remonte l'outil jusqu'à ce que ses lames buttent sous la colonne; on descend alors un peu, de 2 centimètres environ, et, comme la vis est libre tandis que les emmanchements des tiges ont été fortement serrés, en tournant à gauche, elle se dévissera et les lames se fermeront.

Un diamètre de 15 à 16 centimètres seulement permet de construire cet outil très-solidement : le goujon *f* peut avoir 4 centimètres de diamètre; on doit laisser aux lames autant de force que possible dans la charnière, pourvu que les pièces P *b* aient assez de résistance; enfin, l'épaisseur des lames peut être de $0^{m}.08$, ce qui leur laisse $0^{m}.04$ au croisement.

On peut encore, pour résister à la fatigue qu'éprouvent les lames par le choc, les munir de pièces à queue d'aronde ou de simples goujons, comme ceux de la figure 5. Cet élargisseur a, sur ceux à ressorts, l'avantage non-seulement d'être invariable, mais de ne pas endommager les colonnes, ce que feraient les premiers, si l'on ne prenait les plus grandes précautions.

Depuis quelques années nous avons presque renoncé à tous ces instruments compliqués, pour ne faire usage que de celui

indiqué planche 30, figure 4. Il se compose de deux lames de trépans, portant extérieurement chacune une large oreille formant T avec elles. Ces oreilles, ainsi qu'on le voit par la coupe faite en *a*, *b* (*fig.* 5), ont une courbure dont le rayon est celui de l'élargissement du sondage. Ces lames glissent l'une sur l'autre, et sont maintenues en contact par le boulon B, qui limite en même temps leur ouverture. Chacune des tiges de ces lames a 2 mètres ou 2^{m}.50 de longueur; elles sont soudées en A pour recevoir un emmanchement commun. La puissance à donner au ressort qui doit maintenir ces deux lames ouvertes dépend de la façon dont cette soudure est faite, et de la longueur des branches. Lorsque l'on veut descendre cet instrument dans une colonne, on le réduit au diamètre voulu en serrant les lames avec des cordes ou une petite presse, et une fois introduit, il descend par son propre poids et celui des tiges dont on le surmonte successivement. Deux saillies, *c*, *d*, doivent seules frotter contre la tôle, car on comprend combien il importe que le tranchant des oreilles soit dans l'impossibilité de rencontrer des rivets qu'il couperait. Avec cette précaution, l'instrument étant bien construit, on n'a rien à redouter. Les seuls inconvénients qu'il présente sont sa longueur et son poids; mais c'est peu de chose en raison des grands services qu'il rend.

Descendues sous la colonne, les deux lames s'écartent en vertu de l'énergie du ressort des deux branches, et si, avec un peu de patience, en rodant longtemps à la même place, on parvient à entamer la roche d'une manière assez régulière pour former une surface circulaire horizontale bien accusée, on peut travailler ensuite en battant comme avec un trépan ordinaire. Toute l'adresse du sondeur consiste à former et à

conserver cette sorte de corniche en limitant régulièrement la chute de la sonde. Si, au contraire, on laisse un élargisseur quelconque opérer sans régularité, il se produira, en raison du peu d'homogénéité ordinaire des roches, des stries verticales laissant entre elles des bosses, des cornes, qu'il sera ensuite très-difficile de faire disparaître. Si on limite mal la chute de ces outils, il arrive encore fréquemment qu'au lieu de les faire tomber sur une saillie on leur laisse rendre le trou conique, et qu'alors les lames, au lieu d'attaquer la roche, se resserrent et ne produisent plus d'effet, elles s'arrondissent par l'usure, et comme, par leur forme, elles doivent au contraire présenter un angle extérieur très-vif pour bien fonctionner, elles deviennent complétement impropres au travail qu'il s'agit d'exécuter.

Nous avons construit une grande quantité d'outils élargisseurs avec les formes et les dispositions les plus variées. Tous ont bien fonctionné, même les plus mauvais, dans des mains habiles; mais aucun d'eux n'a encore été assez parfait pour suppléer efficacement à l'inexpérience ou au peu de soin de certains sondeurs.

M. Gault, un de nos plus ingénieux directeurs de sondages, a construit l'élargisseur à quatre lames (pl. 30, *fig.* 6, 7 et 8). Ces quatre lames glissent horizontalement dans des mortaises pratiquées dans un manchon en fonte; elles sont poussées, comme dans les élargisseurs que nous avons déjà vus, par un cône qui descend au moyen d'une vis. Cet instrument serait parfait avec une sonde à emmanchements fixes; mais son usage avec les tiges à vis est difficile.

M. Kind se sert de deux sortes de trépans élargisseurs, composés de deux branches articulées, et qui sont plus ou moins

écartées l'une de l'autre, par l'action d'un coin en fer placé entre elles, et attaché à l'extrémité de la corde qui sert à manœuvrer la soupape. L'un de ces trépans agit en frappant sur la roche de haut en bas. Dans l'autre, les tranchants du trépan sont tournés vers le haut, de sorte qu'ils agissent sur la roche quand on relève. Celui-ci sert à détruire la corniche de roche dure qui reste encore au-dessous de la colonne de tubes, lorsque l'on a déjà élargi le trou, dans sa partie inférieure, avec le premier trépan. Il se compose de deux branches, articulées à charnières en B (pl. 12, *fig.* 21 et 22). Chacune d'elles se termine en bas par une partie arrondie *c c*, armée d'un tranchant aigu et retroussé vers le haut; *d* est un anneau coulant qui limite l'écartement des deux branches, et qui, lorsqu'il est descendu tout à fait au bas de l'outil, recouvre les tranchants. Le coin *e*, garni des feuilles de tôle *f* qui lui servent de guides, est suspendu à un anneau; celui-ci tient à une fourche dont la tige est liée à la corde.

Ce trépan étant fixé au bas des tiges, et le coin étant attaché à la corde, on laisse la corde lâche. Le coin retombe, les branches se rapprochent, et l'on descend l'outil en dessous de la colonne. Quand il y est parvenu, on relève le coin en bandant la corde, que l'on amarre à la tête de la sonde, et les taillants du trépan attaquent la roche, en imprimant à la sonde un mouvement vertical de bas en haut. On fait ainsi sauter la dernière corniche de roche dure sur laquelle porte la colonne de tubes, et que l'on peut alors enfoncer par les procédés ordinaires.

ARRACHE-TUYAUX.

Les colonnes de garantie résistent souvent aux plus grands efforts de traction que l'on exerce pour les sortir du trou de sonde; plusieurs causes les y tiennent solidement fixées : 1° les simples frottements des couches non adhérentes; 2° les pressions horizontales ou obliques produites par la poussée des argiles et des marnes; 3° leur contact avec des marnes sèches ou des roches tendres, qui ont été interceptées sans élargissage préalable. Les sables retiennent les colonnes par frottement; les glaises ou argiles et les marnes, par adhérence ou par leur poussée transversale; enfin, le dernier cas est celui d'un corps rigide enfoncé par de violents chocs dans un milieu résistant. Du reste, quel que soit le diamètre d'un trou de sonde, il arrive le plus souvent que les colonnes y deviennent aussi fortement pressées que si elles n'y eussent pas été d'abord plus libres, et cela parce que les couches meubles éboulent toujours, de même que certaines argiles et marnes; dans ces deux terrains on ne fait pas de trou proprement dit, on ne fraye qu'un passage à la colonne. Dans les terrains tendres et compactes, les colonnes tiennent aussi lorsqu'elles sont enfouies depuis longtemps et que les travaux n'ont pas cessé; les oscillations des tiges se communiquent à la colonne, désagrègent peu à peu les terrains, et finissent par combler de débris l'espace annulaire existant entre la colonne et les parois.

Le retrait d'une colonne de garantie s'opère : 1° en faisant effort sur sa partie supérieure; 2° sous sa base; 3° sur les deux extrémités en même temps; 4° en la coupant par longueurs

qui dépendent de la ténacité du terrain, et en retirant ces parties une à une ou plusieurs à la fois, après, toutefois, les avoir soulevées d'une petite quantité.

Le premier mode consiste simplement à amarrer solidement la tête de la colonne avec des cordages souples, sur lesquels on fait effort avec le treuil ou des leviers.

Voici quels sont les outils employés pour les autres modes :

Fig. 1, pl. 14. L'outil le plus simple que l'on a dû imaginer pour retirer une colonne, en la prenant par sa base, est un crochet B; on le descend à 1 décimètre au-dessous de la colonne, on le tourne par secousse à l'aide du manche de manœuvre, en même temps qu'on l'élève aussi vite que possible ; ces oscillations le jettent au dehors de la circonférence de la base de la colonne, et il la saisit ; pour de grands diamètres on cintre un peu la tige de cet instrument. Il a l'inconvénient, si une forte frette ne s'y oppose pas, d'ovaliser ou de déformer la base de la colonne, en ramenant la tôle vers le centre.

Fig. 2, pl. 14. Un second outil, moins bon que le premier, et d'un emploi dangereux, est composé d'une tige terminée par une chape MN fermée par le bas, dans laquelle sont placés deux crochets A, A mobiles sur un même boulon, ou sur deux boulons placés l'un au-dessus de l'autre ; quand ils sont ouverts, les crochets reposent sur la partie pleine de la chape, ou sur deux taquets qui remplissent le même but. Lorsque l'outil descend, les crochets se relèvent en X, X ; arrivés au-dessous de la colonne ils retombent, et accrochent en remontant ; la fermeture des crochets pendant la descente de l'outil est limitée par deux petits boulons CC.

Cet instrument présente l'inconvénient de ne pouvoir être

fermé et retiré de la colonne dans le cas où celle-ci résisterait aux efforts faits pour la remonter. Il est donc prudent de ne l'employer que pour des colonnes du retrait desquelles on est sûr; encore faut-il avoir soin de donner aux crochets le plus d'épaisseur possible, afin de ne pas couper la tôle, car alors on fendrait les bouts de tuyau dans toute leur longueur, sans en opérer le soulèvement.

Fig. 3, pl. 14. Deux tiges A B, A B, s'ouvrant par leur propre élasticité à un diamètre plus grand que celui de la colonne à retirer, forment un autre arrache-tuyaux d'une exécution fort simple; il n'endommage pas la base de la colonne comme le fait le crochet simple (*fig.* 1); mais l'inconvénient qui le fait rejeter, c'est de rester aussi prisonnier si la colonne ne cède pas à la traction. Toutefois, cette difficulté disparaît quand le diamètre de la colonne permet le passage d'une petite sonde, à côté de celle qui est engagée, ce qui nécessite un diamètre minimum de 12 à 15 centimètres; on adapte alors à la petite sonde un bout de tuyau ou une bague D, dans laquelle on enfile la première sonde; le poids de la petite sonde *f* fait descendre la bague sur les branches et les oblige à se fermer. Du reste, comme les branches de cet instrument peuvent n'avoir que 2 centimètres et demi de côté, leur élasticité peut être vaincue par le poids d'un tuyau un peu long suspendu à une corde; dans ce cas, son retrait peut être effectué dans une colonne n'ayant que 10 centimètres.

Fig. 4. Pour de grands diamètres, cet arrache-tuyaux, analogue au précédent, est d'un emploi aussi commode. Une de ses branches est fixe et porte une chape A, dans laquelle se meut la seconde autour d'un boulon *q*; vers le bas des branches, est une traverse CD, mobile autour d'une charnière dont la

branche XX′ est adaptée à la tige fixe de l'outil; l'autre extrémité D de la traverse porte une chape, embrassant la tige mobile de l'outil, et dans laquelle tourne un galet R, qui appuie sur la tige pour la faire écarter. Enfin, en Q, est un petit piton dans l'anneau duquel on passe une corde O Z dont l'extrémité vient au sol On voit que pour fermer l'outil on n'a qu'à lever la traverse, et que la tige mobile retombe par son propre poids.

Fig. 6. Les arrache-tuyaux dont nous venons de parler conviennent particulièrement aux grands diamètres; celui-ci peut être construit d'une manière solide pour des colonnes ne permettant qu'un passage de $0^m.05$; nous l'avons fait exécuter pour le retrait d'une colonne aspirante, brisée dans un puits de la saline de Sarralbe. Une tige BCDE porte une embase C, dont la partie inférieure est en forme d'hélice, pour produire un talon de la hauteur du pas de la vis D, et se termine par une partie conique *ij* rapportée et fixée par des rivets. La vis se meut dans une douille de toute la longueur de la tige, mais qui, à partir de *aa*, est fendue longitudinalement et un peu diminuée (l'échelle au dixième donne, du reste, les dimensions de toutes les parties de l'instrument). Dans la position indiquée par la figure, la partie bi-conique et les parties renflées *l*, *l* de la douille fendue occupent le même diamètre; lorsque l'outil est descendu au-dessous du manchon ou de la ligne de rivets sous laquelle on veut saisir la colonne, on tourne la vis de manière à rappeler la partie conique *i* entre les joues *l l*, et à faire occuper à celles-ci un diamètre de plus en plus grand; on presse ainsi les parois de la colonne avec autant de force qu'en peut supporter la tige qui, pour la petite colonne en question, a $0^m.05$ de diamètre, et l'on procède à la traction.

La douille porte en dessus une échancrure A, ayant la forme du dessous de l'embase C ; de sorte qu'elles sont en contact, lorsque l'outil descend, la vis étant au bas de sa course ; ce point d'arrêt a pour but d'empêcher la vis de se serrer, de manière à ce que l'on ne soit pas obligé d'employer trop de force pour la dévisser en temps et lieu.

Pour le petit diamètre de $0^m.05$, la tige à vis est en acier.

Lorsque la colonne est lisse à l'intérieur, il est nécessaire d'avoir, pour l'emploi de cet outil, une sonde à fourche, ou plutôt une sonde à vis dont on fixe les emmanchements. Si c'est une colonne avec frettes intérieures ou extérieures, dont les têtes de rivets sont tant soit peu saillantes, comme cela a lieu ordinairement, on peut employer une sonde à vis ordinaire, en ayant soin de mettre du chanvre aux filets pour serrer fortement tous les emmanchements.

La douille peut être construite comme un fourreau uni d'abord, et auquel on donne au tour la forme voulue ; les branches s'obtiennent par un trait de scie longitudinal ; ou bien on peut les étirer en forme de chape, et les cintrer à chaud sur un mandrin, au moyen d'anneaux que l'on pousse d'un bout à l'autre ; pour les tourner, on laisse les anneaux en place.

Les joues *l*, *l* sont munies de crans *fig.* 6 *bis*).

Cet instrument peut servir très-économiquement pour plusieurs diamètres, car les branches *al*, *al* peuvent être écartées à volonté par des parties coniques de plus en plus grandes, et que l'on rapporte facilement sur la tige ; pour de gros diamètres on augmenterait la longueur des branches : ainsi, pour des tuyaux de $0^m.165$ à $0^m.31$, elles auraient 2 mètres à $2^m.50$; il deviendrait inutile de leur donner la forme de deux demi-

cylindres creux, comme dans le cas précédent, deux tiges renflées en *l l* suffiraient.

Quelques sondeurs prussiens se servent des arrache-tuyaux représentés planche 14, figures 16 et 17. Le premier consiste en un tampon de bois fretté, fixé sur une tige CC entre une embase D et un écrou *f*, et ayant la forme d'un ellipsoïde de révolution, tronqué aux deux extrémités, et occupant, sur son grand cercle, le diamètre du tuyau, moins le jeu nécessaire pour le laisser descendre. Arrivé dans le bout de tube par lequel on veut saisir et remonter la colonne entière, on jette sur le tampon des sables d'abord un peu gros, puis de plus fins, de manière à ce qu'il en soit recouvert. Le coinçage de ces sables entre le tampon et le tuyau produit une résistance considérable qui permet le retrait de la colonne; si celle-ci résiste aux plus grands efforts de traction que l'on puisse faire supporter aux tiges, on n'a d'autre moyen, pour dégager le tampon, que de le chasser au-dessous de la colonne où il trouvera, plus bas, un vide qui permettra aux sables de tomber. Néanmoins, cette chance ne se rencontre pas toujours, et l'emploi de cet arrache-tuyaux, par un sondeur peu prudent surtout, nous paraît dangereux.

Nous préférons celui représenté figure 17, et qui est applicable aux grands diamètres. Il est composé d'un cône F, F, retenu par une embase et un écrou, et destiné à écarter des planches minces *cd*, *cd*, disposées en tonneau autour d'un cercle en fer NP. Le bas de ces planches est muni de coins dont les faces s'appliquent sur le cône. Le cylindre de planches mobiles se descend, en même temps que la sonde portant le cône, à l'aide d'une corde se divisant en deux parties *ab*, *ab*; lorsque le cône est arrivé à la profondeur convenable, on

arrête la corde au sol et l'on élève le cône en faisant effort au treuil ; les planches sont pressées par le cône contre les parois de la colonne que l'on parvient de cette manière à extraire du trou de sonde. Si elle y est trop fortement scellée, on dégage immédiatement le cône en laissant descendre la sonde, et on retire le tout pour recourir à d'autres moyens, ou bien on abandonne la colonne dans le sondage, si la continuation des travaux peut avoir lieu sans ce retrait.

La figure 18 représente un outil dont on se servait autrefois pour retirer les tuyaux de bois ; c'est une espèce de vis à filets triangulaires. Aujourd'hui on prend toujours les colonnes à la base pour les retirer. Si cependant on était obligé de les retirer bout par bout, on aurait recours à cet instrument ou à quelques-uns de ceux décrits précédemment.

Les figures 7 et 9 représentent deux arrache-tuyaux à dents horizontales ; le premier (*fig.* 7) porte deux dents *b*, *b* placées dans les entailles *dc*, *dc*. Lorsque l'outil est fermé, les lames sont rentrées dans les entailles ; lorsqu'il est ouvert, les lames viennent butter aux points *c*, *c*. Elles sont maintenues par deux boulons vissés dans la masse A, à laquelle on donne une hauteur proportionnée à son diamètre. Avec des lames ou ailes comme celles *b b*, cet instrument sert à retirer les colonnes en agissant à leur base ; on fait ouvrir les lames en tournant la sonde par secousses. Le second (*fig.* 9) n'a qu'une aile et porte un cône oblique K qui s'adapte par une tige taraudée *l* au corps de l'outil ; on l'emploie au retrait d'une colonne perdue en courbant un peu sa tige, de manière à ce que le sommet du cône trouve, en tâtonnant, l'orifice de cette colonne.

Les tuyaux peuvent aussi se prendre extérieurement ; on

est souvent même obligé d'en agir ainsi lorsqu'une colonne brisée est inclinée dans le trou de sonde, et que les outils chercheurs ont déjà fermé son orifice en refoulant la tôle ; nous allons indiquer quelques-uns des nombreux outils qu'exigent ce nouveau cas et d'autres qui lui sont analogues.

La caracole à charnière (pl. 13, *fig.* 18), composée d'une caracole ordinaire et d'une pointe A faisant charnière en *c* D, sert à ramener dans la verticale le tuyau couché. L'ouverture P est circulaire, et ses parois peuvent être munies de petits crans en grain d'orge, pour mieux retenir le tuyau que vient d'y ramener la pointe A. Si les frettes du tuyau sont extérieures et les rivets saillants, ou si elles ont été ajustées avec des boulons, la portion saisie sera infailliblement ramenée avec cet instrument, lequel n'offre aucun inconvénient, puisqu'il suffit de tourner à gauche pour que la pointe A se replie de suite vers le centre de la caracole.

L'outil (*fig.* 21) est employé aussi dans le même cas ; il ramène bien un tuyau couché ; il exige beaucoup de solidité ; il faut le construire en fer doux et ne pas le courber à angles vifs en A.

La figure 22 indique un outil assez simple au moyen duquel on peut ramener un bout de colonne, lorsqu'il n'est pas trop incliné pour que l'instrument puisse le saisir. On prend un tuyau d'un diamètre de 3 à 4 centimètres plus grand que celui que l'on cherche, de 3 mètres de hauteur ; on le munit de ressorts *ab*, *ab*, *ab*, etc., placés à différentes hauteurs et se dirigeant vers le centre du tuyau. Si le bout que l'on cherche s'y introduit, les ressorts, lorsque l'on fait effort pour enlever la sonde, entrent dans la tôle du bout de colonne, et le retrait s'effectue sûrement, à moins qu'il n'y ait à vaincre une trop

grande résistance ; dans ce cas, on peut dégager le tuyau à ressorts, en le laissant d'abord descendre et en le remontant dans un autre sens, tout en agitant la sonde à droite et à gauche, pour éviter de nouveau la pénétration des ressorts dans la tôle ; cependant, si ces derniers ont trop de bande, ils entrent, quoi que l'on fasse, dans la colonne, et, si elle ne remonte pas, il faut briser les ressorts. C'est là l'inconvénient de cet outil, que le sondeur doit, du reste, n'employer que lorsque les circonstances l'exigent.

On peut encore saisir extérieurement un bout de colonne avec une frette munie d'un crochet qui s'élève lorsqu'on descend, et s'abaisse lorsque l'on monte et qu'il rencontre un objet résistant. Cet instrument est employé de même pour le retrait des tiges en bois. Lorsque la tige ou le tuyau que l'on cherche est incliné dans le trou de sonde, on les ramène d'abord dans l'axe, comme cela a déjà été indiqué.

L'instrument que nous employons aujourd'hui le plus fréquemment (pl. 38, *fig.* 7) se compose d'une tige de 2 mètres environ de longueur ; à la partie inférieure, un peu au-dessus de l'emmanchement femelle, se trouve un épaulement A sur lequel repose un manchon en fonte B, de 1 ou 2 centimètres plus petit que le diamètre des tubes. Ce manchon est maintenu en place par une bague carrée C, fixée avec deux vis *d*, *d* qui pénètrent dans la tige. On donne une assez grande longueur à cet outil, parce que le manchon en fonte étant percé, au centre, d'une ouverture carrée pour la place de la tige et l'emmanchement mâle étant trop gros pour y passer, il y a nécessité, lorsque l'on construit l'outil, de faire une soudure en E, quand tout est en place. Lorsque, pour les changements de diamètre, il y a lieu de substituer un autre manchon en

fonte, on coupe la tige à la soudure, on fait la substitution et l'on soude de nouveau. Une soudure, en sondage, est toujours le meilleur mode de jonction. Si cependant on veut l'éviter, on peut mettre l'épaulement A en dessus, et la bague en dessous; il est bon alors, pour que celle-ci ne cède pas sous les efforts de traction, de mettre quatre vis de pression au moins, et de lui donner une grande force. Dans le cas où l'on préfère ce mode d'ajustement, il devient nécessaire de terminer la partie inférieure de la tige par un emmanchement à fourche, qui sert à réunir l'instrument à une série de tiges. Cet emmanchement ne doit pas excéder la grosseur du fer, pour laisser passer le manchon librement. Cette prolongation de tiges au-dessous de l'instrument est une mesure de précaution essentielle; on comprend qu'en cas de rupture, si la sonde prolongée au-dessous de l'arrache-tuyaux touche presque le fond, la hauteur de chute de la partie brisée étant peu élevée n'entraînera aucun nouvel accident.

Dans le manchon viennent s'ajuster, comme dans l'arrache-tuyaux précédemment décrit (pl. 14, *fig.* 7), deux dents horizontales qui, se développant sous la base de la colonne, offrent une surface convenable pour la soulever.

Par une simple substitution de dents, cet instrument, que nous savons déjà pouvoir se transformer en vérificateur, peut encore constituer un bon coupe-tuyaux; il suffit de donner aux dents une forme coupante (*fig.* 11 et 12).

Enfin M. Mauget, l'un de nos directeurs de sondages, a construit un instrument très-ingénieux donnant le moyen de se déprendre facilement. Il se compose de deux parties distinctes (pl. 38, *fig.* 15, 16, 17, 18) : l'une supérieure, qui est l'arrache-tuyaux proprement dit; l'autre inférieure, qui lui sert de fourreau.

L'arrache-tuyaux proprement dit est formé de deux tiges *a a* soudées ensemble, en *o*, à un emmanchement mâle, renflées et prenant, à 2 mètres environ de ce point, la forme de deux crochets solides *b b*, et s'amincissant sur tout le reste de leur longueur dans toute la partie *c*, *c*, *c* jusqu'en *d d*, où elles sont terminées par deux mentonnets destinés à servir de point de suspension à la partie inférieure de l'outil. Ces deux tiges sont courbes; elles se rapprochent en *g*, font ressort, et ont assez d'élasticité en *b b* pour pouvoir s'ouvrir en ce point à un diamètre plus grand que celui de la colonne à arracher, et se rapprocher de manière à réduire leur écartement jusqu'à mettre en contact les points *nn* (*fig.* 17).

Ceci posé, on conçoit de suite la manœuvre de l'outil qui se ferme quand on l'introduit dans la colonne, s'ouvre, ainsi que nous le figurons, dès qu'il arrive au-dessous de la frette, dont les colonnes sont ordinairement munies à leur base, et à laquelle il s'accroche aussitôt que l'on remonte la sonde.

Un tel outil, d'une construction très-solide et d'un emploi facile, permet d'exercer des efforts énergiques à la base d'une colonne, tandis qu'on agit en même temps à la partie supérieure, à l'aide des vis de pression, comme nous le verrons plus loin.

Dans le cas d'insuccès, il faut nécessairement, pour qu'on puisse le remonter, que l'arrache-tuyaux soit ramené à un diamètre plus petit que celui de la colonne; et c'est là le but que la partie inférieure de l'outil a à remplir.

Cette partie se compose d'un simple tube K avec frette *ff* solidement fixée à sa tête et portant à sa base une double fourche Q comme celle des soupapes. Cette double fourche doit être assez épaisse pour s'opposer à l'introduction des menton-

nets dd s'ils étaient descendus trop bas. Au reste, il est toujours facile d'opposer à ceux-ci un heurtoir quelconque. Cette fourche se termine par un emmanchement femelle destiné à recevoir, ainsi que nous l'avons déjà vu, une longueur de tige égale à peu près à la distance qui sépare la base du tube du fond du sondage, de manière que lorsque les crochets de l'arrache-tuyaux se sont engagés sous la frette de la colonne, la partie inférieure du jeu de tiges se trouve à 0m.50 environ du fond du trou.

Le tube K, d'un diamètre beaucoup plus petit que celui de la colonne, doit, de h en j, avoir une longueur un peu plus grande que celle gb de l'arrache-tuyaux; il sert, ainsi qu'il a été dit précédemment, de fourreau à celui-ci pour se déprendre. Il suffit en effet de descendre doucement la sonde jusqu'à ce que son extrémité inférieure, vissée au-dessous du fourreau, touche le fond du forage, et de continuer cette manœuvre; toute la partie inférieure restant immobile sur son point d'appui, la partie supérieure continue sa course jusqu'à ce que les deux crochets bb se soient introduits dans le tube K et viennent occuper la position des mentonnets dd, dont ils rempliront le rôle pour la relevée de l'outil, qui, ainsi réduit de largeur, peut facilement être de nouveau introduit dans la colonne et remonté au sol.

DES COUPE-TUYAUX.

Nous avons dit plus haut que les colonnes sont souvent tellement adhérentes aux terrains, qu'il est impossible de les en retirer; les efforts de traction n'ont alors d'autre effet que de déchirer la tôle dans toute la longueur des feuilles, ou de

la faire replier sur elle-même, en formant une suite de bourrelets superposés les uns aux autres; il ne faut pas attendre que ces résultats se manifestent, et procéder de suite à la section de la colonne en plusieurs longueurs que l'on retire successivement, ou à la fois, selon que le cas l'exige; c'est cette opération que nous allons examiner.

Soit une colonne de garantie interceptant, sans autre utilité que celle de jouir de l'avantage d'une colonne entière, 100 mètres de terrains solides à partir du sol; dans tout ce parcours, la colonne étant libre, pourrait de suite être coupée à 100 mètres et retirée. Mais, de cette profondeur à celle de 200 mètres, elle est en contact avec des couches qui la pressent sans interruption; on essayera d'abord l'effet que produira une première coupure à 110 mètres. Si cette partie monte librement, on en fera une seconde à 15 mètres plus bas, et, après l'avoir soulevée jusqu'à ce qu'elle monte sans difficulté, on la laissera à sa place, pour essayer de soulever le reste en une seule ou en deux fois. Cette première opération terminée, on essayera de monter le tout ensemble; si les bouts supérieurs ne rencontrent aucun obstacle, cela sera facile; mais, s'il en est autrement, les bouts s'obliqueront les uns sur les autres, et il faudra renoncer à retirer le tout en un seul voyage; on reviendra alors au premier bout, puis au second. Si, une partie de terrain étant à découvert, le trou ne se rebouche pas de suite, et que l'on ait le temps de descendre l'arrache-tuyaux dans la partie restante, on le fera sans désemparer; si les terrains éboulent on les épuisera par un vidage continu, jusqu'à ce qu'enfin l'on puisse suffisamment pénétrer dans la colonne.

On rencontre rarement des couches éboulantes d'une aussi grande épaisseur, et le plus souvent on a le temps, avant

que les terrains tombent et rendent la sonde prisonnière, de retirer la colonne en deux, trois parties, ou plus. Lorsqu'une seconde colonne est scellée au-dessous de la base de la première, sur 40 ou 50 mètres de distance, par exemple. mais que les débris qui la retiennent proviennent des couches qu'intercepte la première, et qui à la longue se sont accumulés dans ce parcours de 50 mètres, ne comprenant que des terrains solides, on peut, sans inconvénient, retirer ces 50 mètres de colonne par parties aussi petites qu'on le croit nécessaire, par longueur de 1 mètre même. Nous avons eu souvent des colonnes à couper par longueur de 2 à 3 mètres.

On coupe aussi une colonne de garantie à quelques mètres au-dessus de la base de celle qui la précède, pour ajouter la partie retirée à une colonne plus petite que l'on descend dans la partie restante, afin d'économiser une colonne entière de ce dernier calibre. Pour donner une idée de l'adhérence aux colonnes des débris qui les entourent, nous citerons une opération de ce genre qui a demandé beaucoup plus de temps que nous ne pensions. Il s'agissait de couper une colonne de manière à en laisser 15 mètres dans une plus grande, depuis longtemps descendue et assemblée avec boulons; plusieurs de ces boulons étant tombés, une boue sableuse avait passé à la longue par les petits trous des manchons de cette colonne. et avait tellement pressé la suivante qu'il a fallu couper ces 15 mètres en quatre parties; chacune de ces parties exigeait, pour être soulevée, des efforts capables de refouler ou de fendre la tôle dans toute sa hauteur, et cet accident serait arrivé si l'on n'avait eu la précaution de se servir d'un arrache-tuyaux analogue à celui de la figure 6, planche 14, mais muni de

plusieurs cônes agissant sur des points différents du bout à extraire.

Enfin cette adhérence est tellement forte, dans quelques cas, que l'on est forcé, pour débarrasser le trou de sonde d'un bout de colonne, de fendre ce bout longitudinalement suivant plusieurs arêtes, et de retirer ensuite les bandes de tôle qui résultent de cette opération.

Les outils (pl. 14, *fig.* 7, et pl. 38, *fig.* 7) dont nous avons parlé à l'article des arrache-tuyaux sont employés comme coupe-tuyaux, en donnant à leurs lames ou crochets une forme tranchante. Il faut, en s'en servant, employer une force considérable pour couper une colonne d'un diamètre moyen, $0^m.21$; souvent les tiges ne résistent pas à la torsion, et il en résulte la chute au fond du trou d'une partie de la sonde surmontant l'instrument. Le même moyen que nous avons indiqué pour paralyser les graves effets qui résulteraient de cette chute, en prolongeant la sonde au-dessous de l'outil, doit s'employer ici comme pour l'arrache-tuyaux.

Lorsque l'on emploie un coupe-tuyaux, à lames sortantes, sans le protéger dans sa chute, en cas de rupture, par le moyen indiqué, on ne doit pas se servir, pour le retirer, d'une cloche à vis, mais d'une caracole à gauche, destinée à le mouvoir dans le sens de la fermeture des ailes, ou d'une cloche à clapets carrée à l'intérieur, ou bien de tout autre instrument remplissant le même but; car, en tournant dans le terrain l'arrache-tuyaux de manière à faire ouvrir les lames ou ailes, celles-ci butteront à chaque instant sous les aspérités du trou, et particulièrement sous la base de la colonne.

On évite l'emploi de beaucoup de forces, avec le même coupe-tuyaux, en faisant jouer les crochets tranchants par des

ressorts faibles fixés en K et K (pl. 14, *fig.* 7); les crochets sont, par ce moyen, toujours en contact avec la paroi du tuyau à couper, et au lieu de forcer pour couper la tôle d'un seul trait, comme on est obligé de le faire sans ces ressorts, on pique légèrement, et par secousses, la tôle de 2 en 2 centimètres; après quoi le crochet peut parcourir extérieurement la circonférence entière de la colonne.

L'instrument figure 9, planche 14, est aussi employé comme coupe-tuyaux. Les observations qui s'y rapportent sont les mêmes que les précédentes.

Les colonnes sont d'autant plus difficiles à couper que leur diamètre est grand; d'abord, en raison de l'épaisseur de leur tôle, puis du levier de la résistance, comparé à celui de la puissance, celle-ci demeurant constante, car elle se mesure par la torsion du fer des tiges. Il arrive qu'avec le coupe-tuyaux figure 7 ou figure 8, on tord les tiges jusqu'à la rupture sans produire d'effet utile. L'outil figure 12 obvie à cet inconvénient; il est composé de deux parties cylindriques C et D, faisant suite à la tige AP. Sur la saillie ou retraite qu'elles laissent entre elles, repose une pièce *e f* G *h*, mobile autour du cylindre le plus petit, et qui y est maintenue, dans le sens de la hauteur, par une clavette *j*. Le cylindre inférieur porte le grain d'orge Z destiné à couper la tôle; il est fixé dans sa mortaise par un prisonnier à vis posé sous la base du cylindre. La plaque *e f* G *h* a aussi trois petits grains d'orge X, X, X, et porte en outre une nervure K N, contre laquelle vient s'appuyer le dos du crochet Z.

Lorsque l'on descend l'instrument, le crochet et la nervure sont en contact; alors le diamètre de l'outil est le plus petit possible; arrivé au tuyau à couper, on tourne à droite, c'est-

à-dire dans le sens du vissage des emmanchements ; le crochet Z, en abandonnant la nervure, rencontre bientôt la tôle ; les petits grains d'orge X, X, X, s'y implantent, tandis que le crochet y fait une entaille. Cette première section étant opérée, on tourne un peu l'outil en sens contraire pour en faire une deuxième, et ainsi de suite. On conçoit que, quel que soit le diamètre de la colonne à couper, le rapport de la résistance à la puissance ne change pas, car la pièce *efGh* ne fait que l'office d'un coin entre le tuyau et le cylindre C, ou le cylindre D. Le levier de la deuxième de ces forces se mesurera donc toujours par la distance du bec du crochet coupeur à l'axe de la sonde, et cette distance est constante.

Fig. 8. Ce coupe-tuyaux est analogue à ceux décrits déjà figure 7 et figure 9. Une tige A reçoit sous son embase BC, ayant le diamètre du tuyau moins $0^m.015$ ou $0^m.020$, deux pièces à peu près demi-circulaires, l'une *gfh*, l'autre DE*j*, toutes deux réunies à l'embase par des boulons dont les têtes et les écrous tiennent le moins de place possible ; à la pièce *fgh* est fixée une tige KI, dont l'extrémité I se trouve dans la direction de l'axe de la sonde ; dans l'échancrure de la seconde pièce, joue une lame ou crochet P dont la queue O (*fig.* 14) est poussée par un fort ressort M N, fixé en I par deux boulons. La figure 14 indique que le crochet est poussé dans le sens de la flèche K, tendant à l'ouvrir et le tenir fortement contre le tuyau RT, qu'il attaque par son tranchant IQ. C'est un instrument commode et d'une exécution facile, surtout dans les localités où l'on manque si souvent, soit de fer de grosses dimensions, soit d'un ouvrier pour en tirer parti.

On peut se servir du coupe-tuyaux (*fig.* 10 et 13) pour des diamètres de 30 à 40 centimètres, et des épaisseurs de tôle

de 0^{m}.004 à 0^{m}.005. Soit une tige se vissant sur une embase ou forte plaque circulaire A, séparée d'une couronne moins forte A' par des galets R, R', R'', dont les axes se vissent dans la couronne inférieure. A la couronne sont adaptées deux tringles : l'une *ab*, au bas de laquelle est fixé un fort ressort de voiture *ss's''*; l'autre tringle *st* est là comme soutien. Le dessous de la couronne est creusé en mortaise pour laisser passer et jouer le talon *s''* du ressort, qui agit sur le bout de la tige d'une lime courbe *u* (*fig.* 10 et 13). Cette tige de la lime porte aussi une petite mortaise N dans laquelle passe un boulon K, qui s'oppose à ce que le ressort jette la lime trop loin; les trois galets R, R', R''. n'ont d'autre but que d'adoucir le frottement de l'outil dans la partie opposée à la lime.

Plus la courbure de la lime s'approchera de celle du tuyau à couper, meilleur en sera l'effet; dans la figure 13, l'angle *abc* que fait le bord de la lime avec la courbure du tuyau est trop grand; il en résulterait que la lime, ayant pénétré de ce côté hors de la colonne, sortirait difficilement du trou, pour faire encore plusieurs fois le tour et achever la section. Cet inconvénient disparaîtra de suite si la lime étant plus large on lui donne une courbure de plus grand rayon. Les entailles YY reçoivent, lorsque l'on remonte l'outil, les parties saillantes de la lime, qui sont semblables de l'un et de l'autre côté, si l'on emploie une sonde à emmanchements fixes, parce que l'on fera agir la lime dans les deux sens; dans le cas ordinaire, la lime, ne mordant que du côté de l'angle *abc*, n'a pas besoin d'être arrondie du côté opposé.

De même qu'un ouvrier, au sol, pourrait aisément, dans un jour et demi, couper un tuyau de 0^{m}.40 de diamètre avec une lime à main, de même cet outil pourrait, dans le même temps

au moins, avec un ressort capable d'un effort double de celui qu'exerce l'ouvrier sur sa lime, produire le même effet.

Pour achever la description de la planche 14, nous parlerons de suite de la figure 11, qui représente une fraise en deux parties, fixées par des boulons sur une plaque *ab*, et dont on a quelquefois besoin pour l'alésage des colonnes dans lesquelles on veut en introduire d'autres n'ayant que peu de jeu dans les premières.

Cette fraise est en fer trempé. Si elle s'use promptement dans un premier voyage, on la taille de nouveau; mais, comme elle perd ainsi de son diamètre, on intercale, entre la plaque *ab* et ses deux parties, deux feuilles minces de tôle qui la reportent au diamètre primitif, sans toutefois lui rendre tout à fait sa première forme.

La figure 2, planche 15, montre encore un coupe-tuyaux à ressort, produit par la courbure, suivant l'arc D′DD″, d'une forte tige CDE, munie de deux tampons frettés *b*A*b*, et *b*A′*b*, tournant sur des parties arrondies de la tige. Un grain d'orge *f*, fixé par un écrou *g*, coupe la tôle par la pression que lui donne l'élasticité puissante de la tige que l'on a fait entrer de force dans le tuyau.

Pl. 15, *fig.* 3. Un autre coupe-tuyaux est composé de deux tiges unies par une chape A, plus longue de 1 centimètre et demi à 2 centimètres que le diamètre du tuyau à couper; l'une des tiges, celle inférieure, porte un grain d'orge D implanté dans son épaisseur, et qui agit sur la tôle à mesure que, la tige supérieure s'abaissant par le poids de la sonde, la chape A tend à occuper de plus en plus complétement le diamètre du tuyau; la partie inférieure de la sonde repose sur le fond; l'extrémité de la tige inférieure de l'outil peut tourner

dans l'œil d'une chape *fff* par laquelle se termine la tige suivante. Une série de trous, percés sur un même cercle, au moyen de cet outil, peut évidemment amener la section complète de la colonne. Cet instrument a encore un avantage précieux, en ce qu'il permet de percer, sur une hauteur voulue de la colonne, un certain nombre de trous, nécessité qui se présente lorsque, par suite de la continuation d'un travail, on a masqué une nappe d'eau que l'on veut ramener dans le forage sans rien changer au tubage existant.

Terminons la série de ces instruments par la description de la figure 1, planche 15. Nous supposons une coupe dans l'outil à partir du point *f* de sa tige jusqu'au bas de ses lames. G est une partie cylindrique terminée par une chape *h h*, dans laquelle jouent deux lames C, C', ajustées l'une sur l'autre en tête de compas; un cylindre creux en fonte AA'BB' pèse sur elles pour les tenir fermées en descendant. Ces lames, disposées en grain d'orge pour couper le fer, ou en ciseau-gouge pour couper le bois, sont, dans le premier cas, toutes en acier ordinaire pour plus de solidité dans leur ajustement; pour le bois, cette solidité n'étant pas nécessaire, le ciseau seul est en acier fondu rapporté avec des vis.

On descend préalablement la sonde au fond du trou à l'aide d'un taraud se vissant dans la frette ou plate-forme D', qui se pose, dans la colonne, au point où l'on veut faire fonctionner les lames; la partie supérieure de la sonde qui porte le taraud étant retirée, on remplace celui-ci par l'instrument coupeur; toutes les mesures étant exactement prises, lorsque l'instrument s'arrête, c'est que ses lames ayant porté sur la plate-forme D' s'écartent et entrent dans les parois du tuyau; on le relève alors un peu, de manière à pouvoir tourner, et au fur et

à mesure que la résistance à la rotation devient moins grande, on l'abaisse d'une très-petite quantité, ce qui fait pénétrer de plus en plus les lames dans le bois ou le fer à couper. Le cylindre creux, en fonte, modère l'action des lames qui, aussitôt qu'elles pèsent sur la plate-forme, tendent à s'ouvrir; la coupure étant terminée, on relève l'instrument, que l'on remplace par le taraud, pour retirer la plate-forme avec le reste de la sonde, puis on procède au retrait de la partie coupée de la colonne. On traverse toutes les épaisseurs de fer ou de bois avec ce coupe-tuyaux, qui ne peut donner lieu à aucun des inconvénients que présentent quelques-uns de ceux décrits précédemment, attendu que l'on peut modérer son action à volonté.

Si le trou est encombré par des débris de terrain, on descend la partie de sonde portant la plate-forme, sans adapter d'outil à l'extrémité inférieure, une pointe seulement suffit pour lui ouvrir un passage. Si le diamètre du tuyau à couper est très-grand, et que la rotation des lames sur la plate-forme fasse un peu incliner ou fléchir la sonde inférieure, ce qui est rare, on obviera à cet inconvénient en munissant de bourrelets ou manchons les trois ou quatre premières tiges au-dessous de la plate-forme.

Après avoir fait fonctionner un des coupe-tuyaux dont il vient d'être question, et reconnu que la tôle est entièrement séparée, moins la couture, on achèvera la rupture en donnant un coup de mouton sur la colonne, lorsque cela sera possible. Si la colonne, montant jusqu'au sol, est tellement serrée dans le terrain que le mouton ne puisse l'ébranler, on continuera de faire jouer l'instrument jusqu'à ce que la couture du tuyau soit entièrement séparée.

Lorsque le tuyau est de petit diamètre et que la partie supésieure est libre dans le trou de sonde, on peut, au lieu de le frapper au mouton pour achever de le casser, le tourner avec un collier pour déchirer la couture par torsion.

Enfin aujourd'hui les outils dont l'usage s'est le plus généralisé pour cette opération sont :

L'instrument déjà décrit comme arrache-tuyaux (pl. 38, *fig.* 7) ; seulement pour cet usage il est armé de dents tranchantes :

L'élargisseur excentrique de M. Ribet (pl. 30, *fig.* 9), qui remplit également bien le but lorsque les dents sont modifiées.

Les outils limeurs ont subi également des changements dans leur forme. Voici quelques-unes des constructions adoptées :

Pl. 38, *fig.* 5. Cet instrument est composé d'une tige en fer carré de 0^{m}.035 de côté et de 2 mètres de longueur, mue par une vis à laquelle un cône est fixé par un goujon. Sur cette vis se trouve une clavette en acier qui vient butter sur un toc que porte l'écrou, pour arrêter le mouvement et ne pas dépasser le maximum d'élasticité que l'on veut donner à la tige. La partie inférieure de cette dernière est munie d'une lime en acier, maintenue dans une mâchoire à l'aide de trois vis, ou par tout autre moyen (*fig.* 6). La lime a une épaisseur de 0^{m}.015 ; elle a la courbure du tuyau à couper, excepté dans la partie postérieure, où elle est éloignée plus ou moins du tube, selon que les inégalités de la section le demandent. Quelquefois même (*fig.* 6) elle n'est dentelée ou taillée que dans sa partie antérieure, pour lui permettre de parcourir la circonférence du tube sans s'arrêter. Cela a lieu lorsque la coupure est sur le point d'être achevée.

La lime ne doit pas se présenter horizontalement; car la mâchoire s'userait vite lorsque, la lime ayant fait son passage sur une partie de la circonférence, elle viendrait à son tour frotter le tube. C'est pour éviter cet inconvénient que, par un surcroît de précaution, on limite la marche de la tige par une entrave E qui, dans la figure, a la forme d'une boîte, près du point de rotation, mais qui peut être un goujon formant arrêt ou tout autre obstacle.

L'écrou de la vis fait pièce avec une plate-bande de 10 ou 12 centimètres de largeur et de 3 d'épaisseur, sur laquelle la tige est fixée à rotation au moyen d'un boulon B, comme nous l'avons déjà dit. Dans la partie inférieure, la plate-bande porte un crochet dont le dos glisse seulement sur la tôle tandis que la lime y pénètre. Enfin la plate-bande se termine par un emmanchement femelle pour y adapter le nombre de tiges nécessaires, suivant la profondeur du trou de sonde, au-dessous du point où s'opère la section. Cet emmanchement est courbé de manière à laisser la lime libre, et à occuper en même temps le centre du système.

Le crochet est carré à l'intérieur pour maintenir la tige de la lime, qui doit aussi porter contre la plate-bande; sans cette précaution, elle se fausserait.

Lorsque le diamètre du tube à couper devient plus grand, il n'y a d'autre modification à apporter à l'instrument que d'agrandir le diamètre du crochet et son épaisseur, dans le sens opposé à l'action de la lime.

La mise en activité de l'instrument se fait facilement; on descend la longueur de tige qui doit se trouver sous l'outil, qui est surmonté lui-même du jeu de tiges nécessaire. On a soin de serrer fortement la partie inférieure et de la

munir d'une soupape. Celle-ci étant arrivée à fond, si l'on tourne la sonde à droite on visse l'outil, et l'on fait appuyer la lime contre la paroi du tuyau ; puis, quand la vis est au bas de sa course, on relève le tout à la hauteur voulue, et l'on fait tourner par trois ou quatre hommes pendant une demi-journée, quelquefois plus, pour faire la section. C'est un peu plus long qu'avec le coupe-tuyaux, mais on a l'avantage de manœuvrer un instrument exigeant moins de brutalité, par suite moins dangereux dans son emploi, et de plus on obtient des sections d'une grande régularité.

Le lime-tuyaux (*fig.* 13) diffère de celui qui précède en ce que la lime n'est pas pressée sur le tuyau par le mouvement d'une vis, mais seulement par l'élasticité de deux branches A, A' de 0m.05 de côté, réunies en K à 2m.50 environ au-dessus de la lime. La tige A' porte une embase D au-dessous de laquelle la lime se fixe entre deux rondelles au moyen d'un écrou fortement serré et goupillé. L'extrémité de cette tige se termine par un petit système de chaînons portant une pièce légère, espèce de sabot en cuir ou en cuivre rouge, que l'on met devant la lime pour la protéger pendant la descente. On comprend facilement que cet instrument ayant un ressort naturel, le frottement que la lime aurait à subir dans le parcours vertical pourrait la détériorer. Lorsque la lime est en place, il suffit d'un petit mouvement ascensionnel pour provoquer la chute du sabot.

Les limes doivent avoir la taille d'Allemagne, être en acier fondu de première qualité et trempées en paquet; il vaut mieux qu'elles soient plutôt cassantes que trop douces.

Pour les petits diamètres, on peut employer une seule tige

munie d'un tampon T, et courber cette tige de manière à donner une force de ressort convenable ; enfin on en a construit quelques-unes doubles, comme l'indique la figure 3.

DISPOSITION DES MACHINES NÉCESSAIRES AU RETRAIT DES COLONNES FORTEMENT ENGAGÉES DANS UN TROU DE SONDE.

Lorsqu'un des arrache-tuyaux dont il a été question est en contact avec la base de la colonne, au moyen d'un treuil on opère une traction assez forte, mais pourtant limitée aux efforts raisonnables que l'on doit exercer sur cette machine, en tenant compte de sa force. Cependant ce n'est jamais par ce moyen que l'on doit tenter un retrait difficile. On ne produit ainsi le plus souvent que le bris, soit d'une pièce quelconque du treuil, soit de la chaîne ou des autres pièces de suspension. Il faut avoir recours à d'autres efforts comme auxiliaires.

Nous avons indiqué (pl. 18, *fig.* 7) les manivelles O P, O P d'un treuil à double engrenage au moyen duquel on tend fortement la sonde ; ceci fait, on dispose deux longs leviers *hi*, *hi*, mobiles sur deux points d'appui solidement établis, comme l'indique la figure 9, et dont les extrémités *h* passent et agissent sous un collier en fer ou en bois A A, au-dessus duquel on en ajoute un second, si cela est nécessaire. On dispose aussi le levier ordinaire de batterie H I, qui souvent est mis en mouvement par un treuil séparé dont les bras de manivelle sont O′P′, O′P′, et on le fait agir sur la sonde à l'aide d'un collier semblable au premier, ou d'une forte clef à quatre vis A et B (fig. 6), dans l'anneau de laquelle on attache le cor-

dage ou la chaîne qui l'unit au crochet du levier. Les quatre vis de cette clef sont pointues et acérées à leur bout, pour s'implanter dans la tige que deux petits boulons D D retiennent dans la clef; le dessous de la clef porte deux parties arrondies C, pour le cas où l'on voudrait s'en servir pour une pesée avec un levier simple, faisant fourche à son extrémité (*fig*. 8, 3 et 4), afin de recevoir la tige munie de la clef qui sert de point de résistance.

La sonde, suffisamment prolongée au-dessus du plancher de manœuvre, porte une embase D, sur laquelle repose un mouton creux B B, portant, à la partie inférieure, deux anneaux C C, par lesquels on tire avec les cordes *gg* ; deux autres anneaux C C, placés en haut, servent à l'enlever et à le frapper contre le collier Q, à l'aide de deux cordes G G passant sur deux petites poulies *f*, *f*.

A l'extrémité de chaque grand levier, on établit une petite chèvre qui sert à soulever ou à abaisser cette extrémité au moyen d'une corde attachée en *i*, et passant sur une poulie placée au sol, puis sur celle de la chèvre, et enfin s'enroulant sur un tambour. Pour fixer la poulie au sol, on passe dans le crochet de sa chape un fort cordage, dans la grande boucle duquel on met des fardeaux de toute espèce; ou bien, on boulonne la poulie à une pièce de bois AB (fig. 10), que l'on traverse par des pièces C C C, recouvertes de larges madriers D; on place la pièce ainsi disposée dans une excavation de 2 mètres, que l'on garnit de terre et d'objets pesants. Tous ces préparatifs étant terminés, on commence par tendre fortement la sonde au moyen du treuil O P, simultanément avec le levier H I. Si ces premières tractions ne produisent aucun effet, on pèse, en les faisant osciller, sur les leviers

hi, hi ; si l'on n'obtient encore rien, on tend les mêmes leviers l'aide des chèvres et poulies dont nous venons d'indiquer l'emploi, puis on soulage un peu les treuils dont les engrenages casseraient si l'un des leviers venait à se détendre, et l'on frappe de haut en bas, avec le mouton, sur l'embase de la tige D, ou de bas en haut sur le collier ; au fur et à mesure que la colonne monte de quelques millimètres, on tend de nouveau avec les treuils et l'on rétablit les grands leviers qui, en vertu des grands arcs que parcourent leurs extrémités *i*, sont bientôt à terre.

Quelquefois, si la colonne est solide dans ses emboîtements, il convient de la tirer en même temps par la base, et par la tête, comme l'indique la figure 5 ; lorsque les efforts réitérés pendant un ou deux jours n'ont pas déplacé la colonne d'une quantité appréciable, et qu'ils ont été poussés à la limite de la résistance de la tôle de la colonne, on arrête les efforts de traction et l'on procède au retrait par parties, comme nous l'avons fait connaître dans ce chapitre. Lorsque la colonne ne tient pas très-fortement dans le trou de sonde, un seul levier, chargé à son extrémité par un tuyau plein d'outils, ou par des tiges de sonde posées dessus et maintenues par des chevilles, suffit pour la monter en l'aidant du treuil et de quelques coups de mouton.

Le système de vis de pression, que nous avons vu employer pour l'enfoncement des colonnes, offre encore le moyen le plus sûr et le plus énergique pour le retrait.

Pendant que la sonde munie de son arrache-tuyaux opère, au moyen du treuil, un effort à la base de la colonne, celle-ci est saisie en tête, sous une frette, par un collier A fortement serré (pl. 29, *fig.* 1). Deux pièces de bois très-solides B B, celles qui

supportent le plancher de manœuvre, ou d'autres posées pardessus, mais également fortes et longues, reçoivent les deux vis D D qui les traversent. Nous disons que ces pièces de bois doivent être fortes et longues, parce que, devant servir de point d'appui aux efforts que l'on exerce en serrant les écrous G G, s'il en était autrement, la pression produite pourrait amener leur rupture, ou tout au moins une flexion capable de défoncer ou de détériorer l'excavation au-dessus de laquelle on opère. Il est donc bon que ce point d'application de la force soit solide, et étende ses surfaces d'appui en dehors des planchers de manœuvre aussi loin que possible.

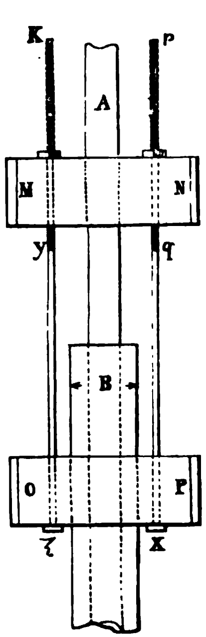
Les vis sont réunies au collier A par les chaînettes. Si les points B B sont invariablement fixes, il est bien évident que les écrous forçant les vis à monter, la traction qui en résultera sera transmise au collier A qui tendra à se rapprocher des points B B, en entraînant la colonne dans son mouvement ascensionnel. En combinant l'effort des vis avec celui du treuil, on arrive souvent à produire le retrait désiré.

Si, sous les efforts des vis, il arrive que la tête de la colonne seule se meuve, il y a à craindre une rupture en un point quelconque de sa longueur; dans ce cas, après avoir bien tendu la sonde au moyen du treuil et des leviers, on la maintient ainsi à l'aide de moraillons en bois (pl. 2, *fig.* 20) qui s'appuient sur la tête même de la colonne. Le tout étant devenu alors solidaire, l'effort des vis se transmet en même temps sur la colonne et sur la sonde. Cette traction simultanée prévient tout accident, et il faut qu'une colonne soit bien fortement engagée pour résister à ces efforts. Quelquefois on a augmenté le nombre des vis en action, mais le cas est rare; deux sont suffisantes pour les colonnes habituellement en usage.

Depuis que nous avons recours à ce procédé, il est bien rare que nous ayons été obligés d'abandonner des colonnes inutiles dans un trou de sonde ; nous en avons même retiré qui avaient été laissées par d'autres sondeurs.

A défaut de vis on peut recourir à deux bons crics.

Il arrive quelquefois qu'il est avantageux d'extraire une colonne enveloppante, devenue inutile par suite de l'introduction dans le forage d'une colonne centrale allant jusqu'au fond, et suffisante pour les besoins du travail à exécuter. Voici le moyen à adopter : soit B une colonne de garantie descendue dans le commencement du travail, et assez fortement pressée par le terrain pour résister aux efforts ordinaires, ou entraînant avec elle la colonne A descendue postérieurement et qu'il est indispensable de laisser en place. On adapte à la colonne B un collier O P que l'on serre fortement. On fixe de même sur la colonne A un collier M N, que l'on unit au premier par deux vis. Si l'on serre les écrous, le collier supérieur appliqué sur une colonne qui a son point d'appui sur le fond du sondage ne peut bouger ; il faut donc que ce soit celui appliqué sur la colonne B qui se mette en mouvement en entraînant celle-ci hors du sondage.



EXEMPLE D'UNE COLONNE BRISÉE ET INCLINÉE DANS LE TROU DE SONDE (PL. 15, FIG. 6).

Lorsque le sondeur descend une colonne de garantie ou d'ascension, il doit noter avec le plus grand soin la longueur de chacun des bouts et les inscrire sur son journal ; il doit aussi savoir, à quelques centimètres près, la profondeur à laquelle se trouve la base de la colonne, de manière que, si une seule feuille de tôle faible se rompt sous les chocs de mouton, sous l'effort des vis ou par toute autre cause, il sache de suite combien il reste de longueur au-dessous de la rupture. Aussitôt qu'il ne peut plus douter de l'accident, ce qui lui est annoncé par la difficulté qu'éprouvent les outils de petit calibre à passer, ou par le soulèvement facile de la partie supérieure de la colonne, s'il y a urgence à ne pas détuber le trou de sonde, et que son diamètre permette l'emploi d'une seconde colonne, il l'introduira, ayant soin de la terminer par un cône en tôle faible, rivé sur la frette de sa base, pour faciliter son passage à l'endroit de la rupture, endroit que l'on aura préalablement alésé.

Si la descente de cette seconde colonne ne peut avoir lieu à cause du diamètre, et qu'en outre il soit dangereux de retirer la partie inférieure de la colonne brisée, mais qu'on puisse retirer sans inconvénient la partie supérieure, on le fera, pour la redescendre munie d'un tuyau de 2 à 3 mètres de long et d'un diamètre assez grand pour qu'une égale longueur de la partie restée puisse s'y introduire. Pour effectuer cette opération, lorsque le nouveau bout sera près de toucher l'orifice de la partie restante, on descendra la sonde portant un cylindre à pointe, avec lequel on guidera l'une dans l'autre les

deux parties de colonne. Si des rebroussements de tôle, en dehors de l'orifice de la partie restante, s'opposaient à l'introduction de celle-ci dans le tuyau que l'on descend, on les abattrait avec le même cylindre, qui porterait extérieurement une couronne dans laquelle se redresseraient les bords de l'orifice.

La colonne ainsi recomposée, le sondeur doit faire sur sa sonde une marque qui lui indique le point où les instruments passent à l'endroit du raccordement pour les descendre avec précaution et lentement; il abattra aussi toutes les parties saillantes des emmanchements de tiges qui pourraient rencontrer et déchirer la tôle de la partie restante, bien que son orifice soit recouvert par la saillie que doit former le bout rapporté.

La figure 6 (pl. 15) représente le cas où la colonne s'est rompue en C, dans un passage où le terrain présente des chambres ou cavernes produites par les éboulements; les emboîtements de la colonne se sont dérangés et elle s'est placée dans une position inclinée, qu'elle aurait pu prendre, dans le même terrain, bien que ses emboîtements fussent restés solides, si ses différents bouts n'avaient pas été assemblés bien verticalement. La rupture faite, la colonne C*de* s'incline immédiatement, et les instruments raccrocheurs passent à côté d'elle; on retire alors la partie supérieure, si les terrains le permettent, et l'on va à la recherche de la seconde, dont on connaît exactement la mesure, ainsi que la profondeur à laquelle se trouve son orifice. Si l'on tâche de la ramener au centre du trou avec les instruments dont nous avons déjà parlé, on doit le faire avec précaution, afin de ne pas l'aplatir ni la déchirer, car il deviendrait alors impossible d'y pénétrer,

dans le cas où l'on ne réussirait pas à la prendre à l'extérieur.

Après avoir fait un voyage d'outil rameneur, on peut descendre un outil rond du plus grand diamètre possible, ou un tampon de bois A, vissé dans la femelle d'une tige (pl. 13, *fig.* 11). Si l'on touche la colonne, on remplacera le tampon par un arrache-tuyaux à lames horizontales, ou par un simple crochet. Si, en vertu de son poids ou de son élasticité, la colonne fuit toujours les outils, on courbera une tige de sonde de 40 à 50 centimètres, si le diamètre du trou en a 20, et l'on cherchera de nouveau, en tâtonnant avec patience, l'orifice de la colonne. Si c'est une tarière que l'on a descendue à l'extrémité de la tige courbe, et qu'elle s'introduise dans l'orifice, on descendra avec elle jusqu'à la base de la colonne, et si la profondeur du sondage le permet, on commencera par remonter la tarière à 1 mètre au-dessus de l'orifice trouvé ; on placera au sol ou dans le fond de l'excavation, sur la sonde, un arrache-tuyaux *a* (pl. 15, *fig.* 6) qui suivra de loin la tarière et s'introduira comme elle dans la colonne qu'il retirera.

On a souvent besoin, pour le retrait des colonnes, ou pour celui des tiges ou instruments, de tiges courbes ; il faut éviter de les couder à angles vifs (*fig.* 5) en *a a'*, si l'on veut ne pas laisser dans le trou toute la partie *af*. Pour courber la tige, il ne faut pas non plus le faire à froid avec la panne d'un marteau, à moins que le fer ne soit très-doux ; il vaut mieux, pour plus de sûreté, mettre avant la tige au feu.

DES PRÉCAUTIONS A PRENDRE POUR L'EXÉCUTION D'UN PUITS ARTÉSIEN.

Une des grandes difficultés de l'art du sondeur n'est pas de

percer un trou plus ou moins profond jusqu'à la rencontre d'une nappe jaillissante ou ascendante, mais bien de compléter et d'assurer le résultat obtenu en lui conservant à tout jamais sa puissance et son activité.

Non-seulement un puits mal établi peut se détruire plus ou moins rapidement et arriver à son extinction, mais encore il peut détruire, pour l'avenir, les chances d'un nouveau succès dans son voisinage. Des eaux jaillissantes, par exemple, étant parvenues à se créer une issue, soit à l'extérieur de la colonne si celle-ci est mal assise à son pied, soit latéralement si elle est en matière destructible, s'infiltrent peu à peu dans des fissures ou dans des couches aquifères supérieures qui finissent par jouer le rôle de couches absorbantes. Il est rare qu'un puits, avant d'arriver à une nappe jaillissante, n'en rencontre plusieurs dont le niveau se maintient plus ou moins en contre-bas du sol. Ces nappes sont souvent très-abondantes et utilisées à l'aide de pompes, mais leur abondance les rend justement plus favorables à l'absorption des eaux jaillissantes, venues du fond et qui s'équilibrent avec elle dès qu'elles sont en communication ; c'est ce qui fait que beaucoup de puits ne donnent des eaux jaillisantes qu'après un tubage parfait et un bétonnage fait avec beaucoup de soin.

Malheureusement l'absence de toute législation à ce sujet laisse toute liberté au caprice ou à l'incapacité d'un foreur, de même qu'au propriétaire ou au locataire du terrain sur lequel un semblable travail doit s'exécuter. Ces derniers, souvent fort peu intéressés à une durée indéfinie du travail, parce que l'établissement formé, ou le bail à courir, a une limite déterminée, ne demandent que le strict nécessaire à leur but, d'autant plus que pour faire davantage il faudrait faire des

dépenses un peu plus considérables. Dans ces circonstances, l'entrepreneur d'un puits n'est plus libre de faire ce qu'il veut, mais se trouve forcé d'agir selon les prescriptions de celui qui le paye.

C'est donc la législation du pays qui devrait sauvegarder cette richesse nationale, comme elle le fait pour nos couches de combustible, qui ne peuvent s'exploiter que sous un contrôle sévère, et non au caprice d'intérêts privés peu soucieux de l'avenir. Quelque chose a cependant été fait pour les sources minérales, on a limité au moins le périmètre des sources actuelles, afin d'en protéger l'existence.

M. Violet, dans sa *Théorie des puits artésiens*, a dès 1840 signalé cette lacune de notre législation. Rien n'a encore été fait, malgré les exemples nombreux qui sont venus depuis justifier la valeur de ses alarmes.

Nous allons donc examiner les différents moyens à employer pour l'exécution aussi parfaite que possible d'un semblable travail. Nous prendrons un exemple dans les terrains tertiaires parisiens.

Ici, il faut examiner le but dans lequel se fait le sondage ; deux cas se présentent : le premier, c'est la recherche d'une ou plusieurs nappes que renferment les sables ligniteux ; le second, c'est l'abandon de ces premières nappes et l'obtention d'une nouvelle, que l'on sait exister dans des sables purs quartzeux, à la partie inférieure de la formation. Dans le premier cas, on attaque les argiles à un petit diamètre, et on continue jusqu'aux indices d'une première ascension. Dans le second on continue le grand diamètre jusqu'au voisinage de la nappe inférieure. Ce changement de diamètre a pour but de s'assurer une bonne base pour la pose de la colonne d'ascen-

sion. Lorsqu'une faible élévation s'est manifestée, on peut élargir, au diamètre ordinaire, la partie supérieure de ces argiles, et n'en conserver, au petit diamètre, que 5 ou 6 mètres, si ces argiles sont compactes; puis on continue à ce petit diamètre jusqu'à la rencontre de la nappe cherchée. Celle-ci jaillissant au-dessus du sol, ou restant en contre-bas, selon la hauteur de la localité, on alèse au diamètre de la colonne d'ascension que l'on veut employer les 15 mètres, par exemple, faits au petit diamètre, et aussitôt on procède à la pose de la colonne d'ascension.

Les argiles ont la propriété de se resserrer et d'empêcher souvent le passage des outils; aussi le tube d'ascension ne tarde-t-il pas à être entouré d'argiles, de telle manière que les eaux ascendantes s'élèvent difficilement derrière lui; du reste, le béton, après que la première colonne de garantie a été enlevée, s'oppose à toutes fuites de la nappe hors de l'intérieur de la colonne d'ascension.

Lorsque dans un sol non exploré on rencontre sans s'y attendre, ou plus tôt qu'on ne devait l'espérer, une nappe jaillissante, et qu'on n'a pas pris la précaution du rétrécissement du diamètre dont nous avons parlé plus haut, la colonne d'ascension descendue dans ce trou, cylindrique de son orifice à la base, ne rencontrant aucune assise, laisse passer derrière elle les eaux jaillissantes, et la coulée du béton devient impossible; on peut alors produire le rétrécissement dont nous parlons par l'agrandissement de la partie supérieure du trou de sonde. Mais, pour les sondages peu profonds et traversant sans interruption, du moins depuis la base de la colonne de garantie jusqu'à la nappe, des terrains consistants, on peut employer un moyen (pl. 17, *fig.* 4) qui consiste à munir la base de la

colonne d'ascension d'un tampon en bois *ef*, d'une hauteur *cd*, de 0m.20 à 0m.30, au-dessus duquel on attache du chanvre le plus long possible, et autant que le diamètre du sondage peut en laisser passer, sans que cependant les fils s'accrochent aux parois et se détachent ou se rompent; pendant la descente de la colonne, tous ces fils de chanvre sont poussés et se maintiennent de bas en haut, flottant dans le trou de sonde, tant qu'on laisse à la nappe, hors du sol, toute la vitesse dont elle est capable.

Supposons un cas plus difficile que le précédent : celui où (pl. 17, *fig*. 5) une couche d'argile déliquescente, jetant de sa partie supérieure des débris dans la nappe, en intercepte l'écoulement, qu'en outre le tubage n'ait pas été opéré assez bas, et que le tube ne peut laisser passer qu'un diamètre de 0m.12, tandis que les argiles demandent, pour être solidement pressées et maintenues, une surface de 0m.22 de diamètre, c'est-à-dire plus grande que le trou de sonde lui-même; on descendra un tube de 0m.115 de diamètre, en cuivre; il sera muni, à sa partie inférieure, de deux surfaces enveloppantes de cuir, dont l'une affectera la forme d'une scotie ou d'un tore, dont la base inférieure sera produite par la pression des eaux ascendantes, et la base supérieure par l'affaissement des terrains; l'autre aura la forme d'une tulipe ouverte aussi par la chute des argiles; au lieu de réduire à deux les surfaces de cuir, on peut les multiplier autant que l'épaisseur de la couche non consistante le demandera; la petite colonne ainsi descendue sera arrêtée au sol par un taquet en cuivre, reposant sur l'orifice de celle descendue en premier lieu. Pour éviter le rebroussement du cuir inférieur lorsqu'il descend, on peut l'attacher par plusieurs fils, se réunissant au centre des tuyaux,



et que l'on tranche ensuite avec un trépan bien affilé ou tout autre instrument.

On peut remplacer les enveloppes de cuir par la réunion de ressorts posés ainsi qu'il suit. Soient A B (*fig.* 18) le petit tuyau à descendre dans celui d'ascension déjà posé infructueusement, A′ B′ celui qu'il faut atteindre pour maintenir la couche non consistante; on munit le tuyau A B de six ressorts C C C C C, ou d'un plus grand nombre, selon son diamètre, de même largeur, de 3 à 4 millimètres d'épaisseur et de $0^m.50$ de longueur; lorsque ces ressorts, qui se voient sur la figure en lignes ponctuées, sont pressés contre la colonnė, ils s'écartent par la partie inférieure, d'une quantité presque arbitraire, du tuyau sur lequel ils sont rivés par l'autre extrémité, en laissant entre eux des espaces triangulaires tracés par des lignes ponctuées, qui avant se touchaient; il ne s'agit plus que de combler ces vides : pour cela on fixe au-dessus de la ligne de contact de chaque ressort une feuille de zinc, de plomb, de cuivre ou de tôle D *e f g*, qui est forcément écartée par les ressorts et les recouvre suivant les lignes D *g*, *e f*; on fait ainsi pour les cinq autres points, et l'on a une surface solide qui s'oppose à la chute des terrains; pour descendre le tuyau ainsi muni d'un appareil considérablement plus grand que le tuyau d'ascension primitif, on réunit tous les ressorts et les feuilles minces de métal qui les recouvrent dans un petit cône (fig. 17) en tôle mince, terminé par une très-faible tige ou plutôt par un fort fil de fer, que l'on fixe à 2 mètres ou $1^m.50$ dans le tuyau; celui-ci étant descendu vis-à-vis le point qu'il doit protéger, on coupe le fil de fer au moyen d'un petit trépan, une caracole ou un crochet, avec lequel on fait descendre le cône au fond du sondage,

c'est-à-dire à quelques mètres en contre-bas de la nappe.

Au moyen d'une vis on peut encore obtenir le même résultat, surtout si le diamètre du tuyau est un peu grand; mais ce moyen oblige de laisser à la base du tube une pièce qui pourrait nuire si, plus tard, on voulait donner un coup de sonde dans le trou.

De tous les moyens de garnir la base d'une colonne d'ascension, pour éviter tout passage de l'eau de la nappe à l'extérieur, celui qui semble remplir le mieux le but consiste à munir la base de la colonne d'un simple tronc de cône soit de métal, soit de bois, dans la forme de celui XX (pl. 17, *fig.* 15), et de faire en sorte d'avoir au-dessus de ce tampon conique un grand espace annulaire qui permette d'entourer la colonne par une épaisse enveloppe de béton. C'est dans cette seule condition aussi que le bétonnage produit son effet, tandis que, lorsque l'espace que laisse la colonne dans le sondage est trop restreint, il produit un effet presque nul.

Lorsque les terrains qui doivent recevoir la base de la colonne le permettent, on peut donner au tronc de cône une grande hauteur, et s'arranger de manière à ce que le trou préparé aussi en tronc de cône soit un peu plus petit que la partie conique de la colonne, que l'on chasse à coups de mouton, si elle peut les supporter ; lorsque la colonne que l'on descend est en cuivre et terminée par le premier tampon dont il est question plus haut, il faut se garder de la chasser au mouton ; mais on peut la faire parvenir au point voulu, en la tournant à droite ou à gauche, ou mieux encore, en plaçant un couvercle au-dessus et en la forçant à descendre au moyen des vis de pression ; ce moyen est surtout préférable pour passer les alternances de sables et d'argiles.

On s'est servi quelquefois d'une colonne d'ascension comme colonne de garantie ; ainsi l'on voit (pl. 17, *fig.* 9) une colonne s'élevant au-dessus du sol et descendant à la dernière nappe V″, qui se trouve au passage des argiles plastiques et de la craie ; plusieurs colonnes d'ascension des puits de Meaux et autres contrées sont placées dans les même conditions. Cette colonne réunit les eaux des trois nappes, V, V′ et V″, dont le produit total est plus grand que celui de l'une d'entre elles, même celui de la nappe inférieure V″. Celle-ci s'élève dans la colonne par son orifice inférieure, les deux autres par des trous que l'on pratique à l'aide d'un coupe-tuyaux.

Ce que nous venons d'exposer n'est praticable que lorsque toutes les nappes que l'on réunit sont jaillissantes, ou arrivent toutes au niveau auquel on veut les utiliser. Si, au contraire, la nappe inférieure pouvait seule atteindre ce niveau et que les autres restassent en contre-bas, il faudrait se garder de lui donner ce débouché, parce que cette seule nappe capable de l'ascension désirée se perdrait insensiblement dans le lit des deux autres et n'atteindrait plus au niveau voulu.

Au lieu de réunir, comme on vient de le voir, plusieurs nappes dans une seule conduite, on a aussi, lorsque leur force ascensionnelle le permettait, essayé de les faire monter séparément au-dessus du sol. Ainsi (pl. 17, *fig.* 10) la nappe R′, dont la limite d'ascension est la plus éloignée, s'élève au-dessus du sol par une première colonne d'ascension; l'espace qu'elle laisse entre elle et le trou de sonde de R′ en K peut être rempli de béton. Une autre nappe R, rencontrée la première, s'élève dans l'espace annulaire laissé par la colonne d'ascension de la nappe R′, et la sienne propre, espace que l'on peut bétonner

par le moyen indiqué. Les eaux de ces deux nappes sont alors déversées de manière à s'écouler à des hauteurs différentes.

Aujourd'hui on renonce généralement à ces tubages multiples, véritables jouets de peu de durée. Il est plus rationnel d'éliminer franchement toutes les nappes additionnelles et d'assurer d'une manière positive l'écoulement régulier de la plus importante. Dans le cas où plusieurs nappes sont recueillies à plusieurs étages d'une même colonne, il est rare que celles du haut ne viennent pas, tôt ou tard, accumuler dans la colonne des sables qui paralysent celles inférieures. Dans le cas de tubages concentriques, le bétonnage, opération toujours délicate, est beaucoup plus difficile. De plus, en cas d'ensablement entre les deux colonnes, il y a presque impossibilité d'y porter remède.

Le trou étant bien préparé pour recevoir une colonne d'ascension et le premier bout de celle-ci disposé selon les circonstances, c'est-à-dire garni d'un manchon pouvant être rodé à sa place comme le bouchon à émeri d'un flacon, ou muni de garniture en cuir avec ou sans ressorts, ou simplement d'une bonne perruque en chanvre (*fig.* 19 et 20), on procède à la descente. Nous avons donné le mode de jonction des tubes, qu'ils soient en bois, en cuivre ou autre métal. Lorsque les tubes en cuivre sont garnis de manchons à vis, ils ne présentent dans leur assemblage aucune difficulté ; mais, s'ils sont à frettes ordinaires comme les autres tuyaux, après avoir été rivés par les moyens ordinaires, il faut procéder à la soudure à l'étain de toutes les jonctions. Pour cela toutes les parties qui forment l'emboîtement sont étamées, même les rivets qui sont, comme les tuyaux, en cuivre rouge.

Ces soudures exigent certaines précautions pour être bien

faites ; d'abord il faut chauffer les parties de tubes à souder. On y parvient facilement au moyen d'un petit fourneau volant, (pl. 17, *fig*. 21), que l'on peut construire de différentes manières, mais qu'un morceau de tôle légère percé de quelques trous pour laisser passer l'air, et taillé suivant le développement d'un cône tronqué, peut parfaitement remplacer. On le maintient à hauteur convenable par une ou deux petites tringles de fer qui servent de pieds. La partie à souder étant arrivée à une température convenable, on procède à l'opération en faisant pénétrer dans la jonction un peu de résine, qui a la propriété de rendre l'étain plus fluide. Celui-ci, préalablement fondu, est pris dans une cuiller à métaux et versé entre les deux parties, jusqu'à ce qu'il remplisse le petit espace annulaire produit par la partie de la frette évasée à cette intention, et forme au-dessus un bourrelet conique dont le sommet serait dirigé vers le haut. Cette forme s'obtient facilement à l'aide des fers à souder. Pour que toute cette opération se fasse dans de bonnes conditions, il faut que le point à souder soit à 2 mètres, au moins, au-dessus de la surface de l'eau dans l'intérieur du tube, sinon l'humidité qui se dégage s'oppose à un bon résultat. Il faut aussi attendre que toute cette partie soit lentement refroidie avant de l'amener dans l'eau, ou l'en approcher, sans quoi un retrait brusque aurait lieu, et la soudure lâcherait. Il est bien entendu que, pour la descente de cette colonne, comme pour toute autre, on prend toutes les précautions qui peuvent assurer sa rectitude et sa verticalité.

La colonne approchant du fond, il arrive, si les eaux rencontrées sont douées d'une force ascensionnelle assez grande, qu'elles s'élèvent à l'intérieur à une hauteur qui ne permet

plus les soudures; dans ce cas, on se contente de river, en introduisant du mastic au minium dans la jonction. Si, malgré cette précaution, on apercevait quelques petites fuites lorsque l'eau s'élève au-dessus de la jonction ainsi faite, il suffirait de l'entourer d'une garniture de cuir enduite de minium, et que l'on serrerait fortement au moyen d'une ligature en ficelle ou en fil de cuivre. Cette précaution est suffisante pour les derniers bouts qui n'ont pas à supporter la pression d'une haute colonne d'eau. L'important est de s'opposer à toute fuite qui laverait le béton et s'opposerait à sa prise régulière en ce point. Dans une circonstance semblable, les manchons à vis dispensent de toute précaution, le joint étant presque toujours parfait.

La colonne d'ascension descendue à fond, et bien fixée à sa place, si elle est munie à sa base d'un manchon conique, on commence à couler quelques litres de petits graviers gros comme des noisettes, puis immédiatement deux ou trois seaux d'un ciment pur et assez liquide. Si la colonne n'a pas d'assise et qu'une perruque de chanvre soit le seul obstacle opposé au passage du béton, la colonne, ayant été descendue quelques centimètres au-dessous du point où on veut la fixer, est soumise à un petit mouvement ascensionnel qui, amenant le refoulement du chanvre sur lui-même, produit un bourrelet sur lequel on peut jeter les petits cailloux et les premiers seaux de ciment. Ce serrage est assez vigoureux pour que le retrait d'une colonne garnie d'un bon tampon de chanvre soit impossible. Il est même important d'être bien pénétré de cette idée, parce qu'elle doit prémunir contre la descente, à la légère, d'une colonne dont le mouvement ascensionnel est interdit et dont le retrait serait impossible, sinon par frag-

ments. On ne doit donc descendre que lentement lorsqu'on arrive près du but. La longueur de la colonne doit être rigoureusement connue; si l'on n'est pas fixé d'une manière certaine sur la place que doit occuper sa base, on doit, au moyen d'un tube volant, ayant sur toute sa hauteur une série d'ajutages, expérimenter le point où l'écoulement donne le plus beau résultat. C'est une affaire de tact. de patience, et qu'un journal bien tenu, indiquant minutieusement toutes les circonstances qui se sont présentées pendant le forage, doit rendre facile, en rappelant la nature des terrains et les différents mouvements des eaux.

Quelquefois on conserve une partie des colonnes de retenue dans le forage, surtout lorsqu'elles masquent des terrains très-éboulants, capables d'abîmer les colonnes d'ascension ou de les faire dévier, surtout si elles sont en cuivre. Quelquefois aussi on en opère le retrait, mais après la descente de la colonne d'ascension, et au fur et à mesure de l'avancement du bétonnage. Comme alors ces colonnes ne peuvent être saisies que par la tête, on a dû s'assurer, avant la descente de la colonne d'ascension, qu'elles étaient suffisamment libres, et dans le cas contraire, on a dû profiter de la faculté de les prendre par la base et par la tête pour opérer les efforts de traction propres à les dégager suffisamment. C'est ce qu'en termes de sondage on appelle *faire souffler* une colonne; cette opération se pratique journellement sur les colonnes que l'on destine à être prolongées au moyen d'élargissage sous la base; elle évite leur scellement avec les parois du sondage.

Par ce procédé, on parvient à enlever toute la partie des colonnes de retenue regardée comme superflue dans le sondage, et dont l'abandon serait une perte inutile. On retire

même quelquefois le tuyau-caisse qui a servi à commencer le forage, mais c'est une mauvaise économie : il est toujours plus prudent de l'y laisser et de conduire le béton jusqu'à son orifice.

La fig. 1, pl. 17, représente un sondage à la fin duquel on a atteint une nappe jaillissante E, dont le niveau, avant la pose de la colonne d'ascension et le bétonnage, reste stationnaire en C dans le tuyau-caisse A B. La fig. 2 fait voir la partie DE du sondage alésé pour la descente du tuyau d'ascension NE, et enfin, de A en D, la chemise de béton qui enveloppe ce dernier.

La fig. 3 indique le tuyau d'ascension et le tuyau-caisse, élevés au-dessus de la limite d'ascension des eaux, pour la coulée du béton ; on conçoit que si la nappe se fait une issue derrière la colonne d'ascension, elle peut s'élever parfois dans le tuyau-caisse ; le béton ne descendrait pas si l'on n'interrompait l'écoulement des eaux ; on y parvient en prolongeant, comme nous venons de le dire, au-dessus du sol, le tuyau-caisse d'une longueur convenable pour que les eaux s'y élèvent et s'y tiennent en équilibre. Alors, si l'on a eu recours à la perruque de chanvre, on comprend que l'eau à cet état n'ayant plus d'action sur elle, les fils flottants, abandonnés à leur pesanteur plus grande que celle de l'eau, tombent en se repliant de mille manières les uns sur les autres, et achèvent de barrer complétement, s'il ne l'était déjà, l'espace annulaire qui existe entre la colonne d'ascension et les parois du trou ; on peut ainsi, comme précédemment, remplir de béton l'espace *a b* C D. Si le tuyau-caisse s'élève au-dessus du tuyau d'ascension, et cela est souvent plus commode pour le bétonnage, on recouvre ce dernier d'une calotte en cuivre ou d'un bouchon

de chanvre, pour éviter que le béton ne s'y introduise ; *ejhf* est la sonde que l'on agite de temps à autre pour détacher des parois de la colonne les boulettes de mortier qui y restent adhérentes.

S'il est imprudent d'interrompre l'écoulement des eaux d'une nappe, lorsque celles-ci proviennent de couches qui peuvent obstruer la base de la colonne d'ascension, on pratique au tuyau-caisse une ouverture (fig. 16) par laquelle s'échappent ces eaux; elles sortent alors d'un petit tube s'adaptant au tuyau d'ascension, et l'on jette, comme précédemment, le béton dans le tuyau-caisse prolongé au-dessus du sol.

L'espace laissé dans le sondage pour la colonne d'ascension doit être le plus grand possible dans toute la hauteur qui doit être remplie par le béton dont on l'entoure. C'est pour cela que, non-seulement par économie, mais encore pour agrandir cet espace, on doit enlever une partie des colonnes de retenue, surtout lorsque celles-ci sont doubles ou triples. Si cet espace annulaire n'est, par exemple, que de 1 à 2 centimètres, et que, d'un autre côté, tous les bouts de la colonne ne soient pas verticalement adaptés, qu'ils soient en contact çà et là avec les parois du sondage, il en résulte que le béton s'arrête en plusieurs endroits et ne remplit pas l'espace voulu. Au contraire, un bétonnage effectué derrière une colonne, dans un large espace, donne toujours un excellent résultat.

TUBAGE D'UN PUISARD OU BOIT-TOUT.

Comme ces puits ont pour but de perdre dans des couches inférieures aux nappes qui alimentent les puits d'un pays

les eaux souvent insalubres d'une fabrique, il convient de prendre, pour leur tubage, les mêmes précautions que s'il s'agissait de l'obtention d'eaux ascendantes ou jaillissantes. Tandis que dans ce dernier cas on opère le bétonnage des couches supérieures, pour que les nappes inférieures rencontrées ne viennent pas s'y absorber, dans celui qui nous occupe les mêmes précautions ont pour but d'empêcher les eaux projetées dans le sondage de pénétrer et de se perdre ailleurs que dans les couches inférieures. La figure 9, planche 17, peut très-bien représenter la disposition du tubage d'un puisard, si l'on suppose que le sol soit élevé d'une quantité telle, que les eaux, au lieu d'être jaillissantes, ne soient qu'ascendantes et se maintiennent de plusieurs mètres en contre-bas. La colonne centrale pourra n'être ouverte qu'à sa base, ou trouée comme l'indique la figure, en V et V', si ces deux nappes n'ont aucune communication avec les puits existant dans la localité. Toute la partie supérieure des terrains devra être parfaitement bétonnée. (Voir, au chapitre des différentes applications de la sonde, l'article sur les boit-tout, tome I, page 314.)

BÉTONNAGE.

Le bétonnage d'un puits est une des opérations les plus importantes, puisque c'est celle qui assure la solidité du tubage. On comprend donc tout le soin qu'il faut apporter dans le choix des matériaux qui doivent entrer dans la composition du béton. A la surface et jusqu'à 40 ou 50 mètres, nous avons des preuves évidentes d'une bonne opération; mais comme nous observons cependant une échelle décroissante dans les résultats avec la profondeur atteinte par le béton,

nous avons des doutes sur ce qui peut se passer à 100, 200, 400 et 500 mètres.

Cette opération, devant se faire dans des espaces annulaires généralement assez restreints, et s'accomplir à des profondeurs très-grandes, exige donc, suivant les circonstances, des modifications essentielles dans le choix et la proportion des matériaux à employer, pour obtenir un mélange doué d'une certaine liquidité, et dont la prise ne soit pas trop vive.

Les ciments, dits *romains*, fabriqués à Vassy et à Pouilly, de bonne chaux hydraulique, que l'on prend autant que possible à la sortie du four, ou que l'on ravive, avant de l'éteindre, en la chauffant sur une feuille de tôle, des pouzzolanes de Naples ou de Rome, avec additions variables de sable pur, fin et bien lavé, nous ont donné de bons résultats. Nous leur ajoutons, lorsque nous le pouvons, des produits ferrugineux, tels que de la ferrugine de Naples, de la limaille de fer ou de fonte.

Lorsque nous employons les ciments, nous les coulons à peu près purs pour commencer, en y mélangeant seulement la limaille de fer dès le début; puis nous ajoutons progressivement du sable, jusqu'à une proportion qui ne dépasse pas les deux tiers en terminant l'opération. Si c'est de la chaux, nous allons jusqu'à moitié seulement. Si on a le choix entre différentes natures de sable, on devra employer, surtout en commençant, le plus fin et celui dont la densité se rapprochera le plus de celle du ciment ou de la chaux, afin d'éviter le plus possible les effets de la décantation du mélange, dans le trajet qu'il a à parcourir avant d'être rendu en place.

Pour cette raison, nous croyons les nouveaux ciments, dits de *Portland,* qui se fabriquent aujourd'hui parfaitement à

Boulogne-sur-Mer, de nature à s'associer le plus convenablement à presque tous les sables; leur densité, étant de 1,4, se rapproche, comme on le voit, de celle du sable ordinaire, qui est de 1,7 environ, et en fait une des matières hydrauliques les plus lourdes.

On doit admettre qu'avec le ciment de Portland on aura des chances beaucoup plus grandes pour que le mélange, se rendant à destination dans des proportions convenables, puisse se solidifier assez énergiquement. Nous avons vu des échantillons de ce ciment, coulés en rivière, acquérir au bout de quelques semaines une consistance sinon plus grande, au moins égale à celle des marbres les plus durs. Son énergie est telle qu'on peut lui associer dans les travaux ordinaires jusqu'à six et huit fois son volume de sable. Pour le sujet qui nous occupe, quatre ou cinq fois le volume doit être regardé comme un maximum que l'on fera bien de ne pas dépasser.

Comme les ciments en général prennent assez promptement, on ne doit les délayer, soit purs, soit avec mélanges, qu'au fur et à mesure de leur introduction dans le sondage. Il faut, surtout au commencement de l'opération, leur donner une consistance se rapprochant de la liquidité, pour ne pas former de bourrelets dans l'espace resserré qu'ils doivent parcourir.

On se sert, pour faciliter le tassement du béton, d'une vergette de fer plat ou feuillard de cinq ou six mètres, que l'on agite sans interruption dans la partie supérieure, où on peut la faire jouer.

Un bétonnage bien fait, outre les avantages que nous avons déjà énoncés, en présente encore un qui peut avoir quelque importance, c'est d'isoler les métaux, fer et cuivre, qui en-

trent, le premier, dans la construction des colonnes de retenue, et le second dans celle des colonnes d'ascension, et par là de s'opposer aux effets électro-chimiques de deux métaux hétérogènes en contact l'un avec l'autre, effets qui peuvent altérer l'un des deux ou tous les deux.

Une colonne d'ascension bien placée et bétonnée donne presque toujours un excellent résultat. Il est rare qu'en fin d'opération on ne constate pas une augmentation dans le débit de l'eau ou dans sa force ascensionnelle. Le simple bon sens indique qu'avant de faire aucune expérience sur la vitesse d'écoulement d'une eau jaillissante obtenue, on doit attendre quelques jours, afin d'être bien assuré de la prise du béton. Par une trop grande impatience on peut compromettre la solidité de l'opération.

Quelques sondeurs, au lieu de béton, se contentent de couler de l'argile derrière les colonnes. Dans des circonstances exceptionnelles et lorsqu'on ne peut se procurer aucune matière propre au bétonnage, on peut avoir recours à ce moyen. Nous croyons qu'on devrait alors choisir les argiles les plus pures, les dessécher, les broyer, puis les délayer dans une assez grande quantité d'eau, et lorsque la pâte est à l'état liquide, laisser reposer et décanter. Cette pâte devra être introduite dans le trou dans un état de consistance qui lui permette de couler facilement.

Peut-être obtiendrait-on encore un meilleur résultat si, après avoir soumis l'argile à une nouvelle dessiccation com plète à l'air libre et l'avoir réduite en poudre fine, on la projetait ainsi dans le forage très-lentement. Elle pourrait arriver au fond sans être encore complétement imbibée d'eau et sans avoir encore eu le temps de se gonfler. Cette propriété de se

gonfler, ne se développant que lorsqu'elle serait arrivée en place, en formerait un tout homogène et très-compacte, qui n'aurait d'infériorité sur le béton que le défaut d'une solidité souvent nécessaire, surtout si les colonnes étant en cuivre, par conséquent assez minces et ayant à supporter la poussée des terrains, une colonne de retenue ne les protége pas dans toute leur longueur.

Dans le chapitre qui va suivre, nous parlons des forages à grand diamètre et de leur tubage. On comprend que cette dernière opération, le sondage, ayant atteint une certaine profondeur, présente de grandes difficultés, eu égard au poids énorme des colonnes de tubes. Quelque solides que soient les engins destinés à cette manœuvre, quelque grande que soit l'attention que l'on apporte dans l'exécution de ce travail, mille raisons peuvent déterminer la chute de la colonne au fond du puits et occasionner les accidents les plus graves. Aussi ne saurait-on prendre trop de précaution à ce sujet.

Dans ces derniers temps, un sondeur proposait de remplir le forage de sables sur lesquels la colonne reposerait, et que l'on viderait à l'intérieur, au fur et à mesure de la descente de celle-ci. Nous ne nous étendrons pas sur les nombreux inconvénients que présenterait un pareil système, tant sous le rapport des dépenses, que sous celui des dangers auxquels il expose.

Un moyen plus simple, et pour le moins aussi sûr, consisterait à boucher la base de la colonne au moyen d'un tampon disposé de façon à pouvoir être retiré facilement lorsqu'elle serait en place. L'eau du sondage opposerait alors une résistance à cette énorme cuve, espèce de piston plongeur, qui ne descendrait que lentement, et dont le grand poids ne serait plus

dangereux. On pourrait, au moyen d'un clapet conique, que la résistance de l'eau maintiendrait fermé, et que l'on ouvrirait, du sol, au moyen d'un jeu de tiges, régler l'introduction de l'eau dans l'intérieur de la colonne, de manière à gouverner à volonté la vitesse de descente.

CHAPITRE IX

FORAGE DES PUITS A GRAND DIAMÈTRE POUR FOSSES D'EXTRACTION.

Il a été trop question depuis dix ans des gigantesques travaux de forages entrepris pour le fonçage des puits d'extraction, pour que nous passions sous silence ce qui a été fait ou tenté à ce sujet.

Nous ne croyons mieux faire que de transcrire ici un mémoire[1] qui nous avait été demandé à propos des projets présentés par MM. Parmentier et Guibal, pour le percement des sables mouvants des puits de Bonne-Espérance, de la Société des charbonnages de Saint-Waast (Belgique).

Les difficultés qui se présentent souvent dans le fonçage des fosses devant servir de puits d'extraction dans les mines, ont appelé depuis longtemps l'attention sur de nouveaux procédés destinés à remplacer les moyens ordinaires.

Dès 1830, Sauquaire-Souligné proposait déjà, bien que l'art des sondages fût encore presque dans l'enfance, les forages à grand diamètre. Combattu dans ses idées par M. Degousée,

[1] Société des ingénieurs civils, séance du 21 janvier 1859.

ils choisirent l'un et l'autre pour arbitre de leur discussion notre célèbre et regretté Arago. Sauquaire-Souligné, esprit vif et entreprenant, réfuté plutôt en raison du peu de ressource qu'offrait l'industrie de l'époque que par l'énonciation d'impossibilités réelles, s'irritant de ne pas voir accepter sans conteste ses idées à ce sujet, s'écriait, élargissant encore le cadre de ses projets : « Oui, j'en ferai de plusieurs mètres de diamètre ! » A cela Arago répondit : « Je demande seulement à voir la forge où se feront les outils. »

Depuis cette époque l'art des sondages a progressé ; l'étude des terrains, l'ordre de leur superposition, leur nature plus ou moins compacte, désagrégée, ou même fluide suivant les circonstances, la connaissance plus approfondie des niveaux aquifères, leur importance et leur influence sur les terrains qui les contiennent étant mieux connus, on a songé, aidé de ces nouvelles lumières, à vaincre, par des procédés nouveaux, les difficultés qui devaient se présenter dans l'exécution des fosses ayant à traverser ces terrains.

Aujourd'hui, que les recherches de combustible surtout ont acquis une grande importance, on a cherché à agrandir le champ d'exploitation, malgré les difficultés que l'on savait avoir à surmonter. Il suffit que la présence du charbon soit signalée par des indications géologiques certaines, ou par le témoignage donné par des sondages, pour que l'on entreprenne des fosses d'extraction.

Un grand nombre de succès, dus à l'habileté des ingénieurs chargés de ces travaux, aux puissants moyens que l'industrie met à leur disposition, et à la persévérance des compagnies, ont couronné ces efforts communs. Bon nombre de puits, réputés impossibles il y a une vingtaine d'années,

permettent aujourd'hui l'extraction d'énormes quantités de charbon.

A côté de ces succès, quelques défaites, d'autant plus excusables qu'on ne pouvait en attribuer la cause ni aux hommes, ni aux moyens employés, sont venues mettre en évidence des difficultés insurmontables par les moyens ordinaires, et ouvrir le champ à des recherches nouvelles.

En 1848, M. Kind, à Styring-lez-Forbach, commença le fonçage d'une fosse de $4^m.20$ le diamètre par sondage. Ce travail avait été précédé d'un forage, au diamètre de $0^m.65$, qui avait permis d'étudier complétement le sol.

Les outils se composaient :

1° D'un trépan combiné de manière à attaquer le terrain par la percussion d'un énorme ratelier présentant dix-neuf dents fixées au moyen de chevilles en fer ou en acier : cet outil pesait 4 à 5,000 kil. (pl. 36, *fig.* 8, 9 et 10).

2° D'un outil dragueur ramenant les détritus dans une soupape que l'on introduisait dans l'avant-trou ayant, ainsi que nous l'avons dit, $0^m.65$ de diamètre (*fig.* 11, 12, 13 et 14).

Le trépan recevait son mouvement de percussion d'un cylindre à vapeur spécialement affecté à cet usage, et une machine ordinaire de douze chevaux servait aux autres manœuvres de l'opération.

Le projet de M. Kind consistait donc en un véritable sondage, qui, pénétrant le sol sans nécessité d'épuisement, aurait traversé tous les terrains supérieurs contenant des niveaux aquifères, et serait parvenu jusque dans le terrain houiller, que l'on sait ne plus donner passage à l'eau. Arrivé au point voulu, un cuvelage en bois, formé de madriers taillés en voussoirs et réunis en cylindres, aurait été descendu jusqu'au fond

du sondage. Ce cuvelage devait laisser entre lui et les parois du puits un espace annulaire de $0^{m}.15$, que l'on devait remplir au moyen d'un ciment hydraulique, qui, après avoir été suffisamment tassé, aurait acquis un degré de solidification suffisant pour boucher toute issue aux eaux, permettre l'épuisement du trou jusqu'à siccité, et continuer le fonçage par les moyens ordinaires.

Un peu plus tard, M. Mulot, dans le Pas-de-Calais, entreprit également une fosse par des procédés analogues.

Nous nous sommes toujours prononcés contre ce projet (*Notice sur le sondage à la corde*, 1853):

1° Parce que, si les procédés de sondage étaient faciles et exécutables dans de bonnes conditions, ce n'était que dans des terrains où le mineur pouvait agir plus économiquement, et plus sûrement pour l'avenir;

2° Parce que, dans des terrains meubles et éboulants, lorsqu'ils se trouvaient à quelque profondeur de la surface, les sondages, dans les dimensions ordinaires, présentaient des difficultés telles, qu'il était bien téméraire de tenter, avec quelque chance de succès, l'introduction de colonnes pouvant garantir des éboulements sur des surfaces considérables, sans avoir recours à des séries de tubes nombreuses et coûteuses;

3° Parce que, quand bien même le travail se présenterait, comme à Styring, dans de bonnes conditions de terrain, et qu'un tube pourrait être descendu en place convenable, la jonction parfaite de la base de ce tubage avec le sol ne serait jamais assez complète pour s'opposer à l'envahissement des eaux, quand même une certaine épaisseur de béton aurait été déposée au fond du trou de manière à baigner la base du cuvelage;

4° Parce que la descente du ciment hydraulique, dans un espace annulaire de 0m.15 entre le tube et le terrain, était impossible dans ces circonstances, et que de ce fait seul résulterait évidemment la perte de tous les travaux exécutés. En effet, il faut, pour descendre un tubage de ces dimensions à quelque profondeur, des soins très-grands, et par suite un temps assez long. On ne peut admettre que, même dans les meilleurs terrains, s'ils laissent passage à des eaux, il n'existe un certain charriage qui forme une série plus ou moins grande d'éboulement; que certaines couches ne soient susceptibles de se gonfler, de couler et de venir prendre une partie de l'espace réservé au ciment, et détruire ainsi tout espoir d'une soudure parfaite, entièrement imperméable entre le tube et le terrain. Il peut donc résulter de ces faits une grande probabilité qu'en fin de travail on ait accumulé derrière le tube toutes les nappes d'eau que le mineur eût combattues successivement, et qu'elles viennent exercer d'énormes pressions sur le tubage, ou surgir énergiquement au pourtour de sa base, sous le béton, lorsque l'on tente l'épuisement intérieur ;

5° Parce qu'enfin, les ciments hydrauliques, quelque parfaits qu'ils fussent, n'avaient pas été encore employés dans des conditions pouvant donner la certitude qu'ils pénétraient dans des espaces restreints, à de grandes profondeurs, sans se décanter plus ou moins dans le chemin qu'ils devaient parcourir pour arriver au fond; que, sous de fortes pressions, on ne savait pas non plus quelles règles ils suivaient dans leurs prises, et le retrait qu'ils pouvaient subir, et qu'enfin les eaux d'un puits profond étaient, par suite des différences de température entre le fond et la surface, soumises à des mouvements hélicoïdaux assez énergiques pour ne pou-

voir être considérées comme en état de repos, même lorsqu'il n'y a pas d'écoulement visible à la surface ou dans son voisinage.

Ce sont ces motifs réunis qui nous ont toujours fait repousser toute tentative par ces moyens.

Un *Bulletin de la Société d'encouragement* (1856), contenant une notice sur le puits artésien de Passy, nous a appris que le puits de Styring, après avoir atteint le terrain houiller à 80^{m}.72, était descendu à 110^{m}.53, soit 30 mètres dans ce terrain; qu'alors on avait procédé au cuvelage et au bétonnage non-seulement des parois extérieures, mais encore qu'une certaine épaisseur de ciment avait été descendue au fond.

Lorsque l'on crut que le ciment avait acquis le degré de solidité sur lequel on comptait, on procéda à l'épuisement; mais presque aussitôt on commença à s'apercevoir que l'on ne pouvait dépasser la profondeur de 45 mètres. L'auteur de cette notice ajoute qu'après de nombreuses recherches, on reconnut que la couche de béton qui recouvrait le fond avait été soulevée, et que l'eau avait dû jaillir en abondance par l'ancien trou de sonde, de 0^{m}.65 de diamètre, percé primitivement jusqu'à 100 mètres au-dessous de la base du cuvelage.

Cette explication est assez difficile à comprendre. On admet généralement que le terrain houiller contient peu ou pas d'eau; le cuvelage du grand puits étant descendu de 30 mètres dans ce terrain, ce qui restait du forage devait s'y trouver aussi et ne pas donner d'eau. De plus, le béton coulé au fond devait s'y introduire et le boucher au moins en partie. Il est à remarquer que si le coulage du béton, entre le cuvelage et le terrain, présente des difficultés, il est beaucoup plus

facile de le déposer au fond d'un puits de grand diamètre, puisqu'on peut, à l'aide d'instruments, le descendre à l'abri du lavage. Il eût été prudent et intéressant, avant de procéder à l'épuisement, de recueillir un échantillon de ce béton qui eût prouvé clairement son état de prise.

Il nous semble donc plus simple d'admettre que c'est à l'extérieur de la colonne que le bétonnage a pu être imparfait; qu'alors les eaux extérieures ont dû, en vertu de la différence de pression occasionnée par l'épuisement intérieur, se faire jour sous la base du cuvelage, et déranger le béton qui se trouvait, au fond du puits, en état d'être soulevé.

Nous ferons remarquer que, dans le bassin houiller où cet essai a été fait, il n'y avait pas encore lieu de désespérer de la réussite d'un fonçage par les moyens ordinaires, puisqu'à la suite de cette tentative on est arrivé à pratiquer une fosse avec beaucoup moins de temps et d'argent; qu'une seconde a passé ses niveaux, et qu'une troisième, quoique éprouvant des difficultés, est près d'arriver au but.

Cependant, malgré cet échec, M. Maurice, l'auteur de la Notice que nous citons, pense que « si la seconde partie du « travail de la fosse de Styring était manquée, il n'en restait « pas moins démontré la possibilité de forer sur un grand « diamètre à l'aide des procédés imaginés par M. Kind. Les « avantages d'un pareil système sont faciles à saisir; ils ré- « sident surtout dans la rapidité d'exécution et dans l'écono- « mie de la dépense. C'est à ce point de vue que l'invention « est une importante conquête acquise à l'art des mines. Il y « a bien des cas, en effet, où le percement du puits par le nou- « veau procédé, indépendamment de la pose du revêtement, « présenterait un grand avantage, en ce sens qu'il exigerait

« une mise de fonds beaucoup moins grande pour com- « mencer le travail, et qu'il ne faudrait établir de puissants « moyens d'épuisement qu'après avoir touché le gisement et « acquis quelque certitude sur sa nature et sa richesse [1]. »

Nous ne partageons pas cet avis, et nous nous rangeons plus volontiers à l'opinion émise par M. Guibal, auteur d'un système que nous allons essayer d'analyser, qu'*en pareille matière, quelque près qu'on approche du but, on n'a rien fait s'il n'est atteint.*

En 1856, M. Guibal, ingénieur des mines, professeur à l'école du Hainaut, proposa à la Société des charbonnages de Saint-Waast un procédé qu'il avait étudié en 1854, pour le percement des fosses d'extraction dans des terrains de sables mouvants et aquifères, que le mineur n'avait pas osé affronter jusqu'alors.

Avant d'adopter ce projet, la Compagnie de Saint-Waast, ayant pris M. Guibal pour directeur-gérant, et établi près de lui un comité consultatif d'ingénieurs, qui s'était déclaré favorable aux propositions faites, ne s'en tint pas cependant à ce premier avis ; et, en raison de la grande importance de la question, du consentement du comité, et pour ainsi dire à sa demande, prit encore le parti de les soumettre à une commission spéciale, composée des personnes les plus recommandables sous tous les rapports. Elle se composait de :

[1] Dans un tableau dressé par la Compagnie des sondages Kind et arrêté au 31 mars 1856, nous trouvons parmi les travaux exécutés depuis 1849, pour la concession de Styring, deux puits de $4^{m}.15$, l'un de 110 mètres exécuté en vingt-quatre mois, l'autre de 68 mètres exécuté en six mois. M. Maurice ne dit rien de cette seconde tentative.

MM. A. Toilliez, ingénieur du prémier district des mines;
A. Delaroche, ingénieur directeur du charbonnage de Strépy;
A. Hancart, ingénieur directeur du charbonnage de Louvière;
E. Merlin, ancien ingénieur, directeur de charbonnage;
G. Lambert, ex-ingénieur du corps des mines.

Cette commission avait à examiner, en concurrence, un projet présenté par M. Marc Parmentier, qu'elle écarta pour donner son assentiment à celui de M. Guibal.

Ces deux projets, décrits dans le rapport de la commission à la Société des charbonnages de Saint-Waast, avaient également pour but la continuation, à travers les sables, de la fosse de Bonne-Espérance, appartenant à cette Société. Ce puits avait atteint, par les procédés ordinaires, la profondeur de 72^m.84, et avait rencontré les couches argileuses, base des niveaux supérieurs traversés. Il est muraillé sur une hauteur de 19^m.80, à partir de la surface. Le reste est revêtu d'un cuvelage octogonal régulier, dont le cercle inscrit a pour diamètre 2^m.50, et qui repose sur deux forts siéges superposés, établis à la profondeur de 70^m.84; il restait, dans le fond de ce puits, une partie de 2^m dont les parois n'exigeaient aucun revêtement. On était parvenu à cette profondeur au moyen d'une machine d'épuisement, de la force de quatre-vingts chevaux environ, faisant mouvoir deux pompes étagées de 0^m.36 de diamètre, et d'une autre machine d'extraction de 10 à 12 chevaux. Par des sondages antérieurs, il était reconnu qu'au-dessous de cette profondeur de 72^m.84, on aurait à traverser.

pour atteindre le terrain houiller, 9^{m}.30 de terrain argileux, et 24^{m}.75 de sables mouvants, qui avaient présenté pendant le travail un phénomène remarquable, celui de l'absorption instantanée de l'eau contenue dans les tubes du sondage; à la suite de cette eau, les sables montaient dans le trou de sonde à des hauteurs considérables.

Telles étaient les données du problème, pour la solution duquel MM. Parmentier et Guibal proposaient les projets suivants :

PROJET DE M. PARMENTIER (PL. 56, FIG. 1 ET 2).

A A est un cylindre en tôle placé dans la partie exécutée du puits, et destiné à traverser les argiles supérieures aux sables, les sables eux-mêmes, et à pénétrer dans le terrain houiller.

B B est une forte masse de maçonnerie, entourant le puits à sa partie supérieure, établie ou à établir, destinée à fournir un point d'appui à quatre presses G, G... A cet effet, de fortes pièces de bois F, F sont placées à l'orifice du puits, et reliées par de longs et forts boulons à la partie inférieure de la masse en D D.

Les pistons H, H de ces presses agissent sur le cylindre A par l'intermédiaire des pièces E, E qui posent sur lui.

Un mouton Q Q, très-pesant, formé de deux pièces et assujetti sur la tige P P, au moyen du collet R qu'il embrasse, vient en aide par son choc aux presses hydrauliques ; il frappe sur les pièces de bois E,E.

Pour le manœuvrer, on agit sur le balancier Z, à la tête arquée M duquel la tige P est suspendue par la chaîne N. Ce ba-

lancier repose, par son tourillon O, sur une masse de maçonnerie, à laquelle il est assujetti par le système de charpente K.

La tige P, assemblée par des manchons à vis *q*, *q*, et munie d'étriers d'allongement *t*, *t*, va jusqu'au fond du puits, où elle sert à faire manœuvrer un trépan T, soit par battage, soit par rotation.

Ce trépan se compose de deux fortes branches, *o d*, qui sont reliées à la partie inférieure par une lame *f*. Vers la partie supérieure, elles reçoivent une traverse *a a*, à laquelle sont articulées deux autres branches, *ab*, qui se terminent chacune par deux lames, l'une *b*, comprises dans le plan général de l'outil et s'engageant, à la manière des verrous, dans les branches *d*, *d*, et l'autre *g*, placée perpendiculairement à la précédente, à l'effet d'attaquer les parois de l'excavation et de les aléser. Enfin, un cinquième bras, *ch*T, qui peut se mouvoir verticalement dans la traverse *a a*, recoit deux pièces articulées *kh*. Au moyen d'une tige secondaire, qui n'est pas représentée dans la figure, on peut faire jouer la branche *ch*T. Quand on la soulève, elle agit par les pièces *hk* sur les branches *ab*, et les rappelle vers le centre du puits ; l'instrument peut alors passer dans le cylindre. Quand on la pousse de haut en bas, elle éloigne les bras *ab*, et porte les lames *g*, *g*, sous le cylindre, dont elles frayent le passage.

PROJET DE M. GUIBAL (PL. 56, FIG. 3, 4, 5 ET 6).

La partie supérieure de la *fig*. 3, et celle à droite de la *fig*. 4, représentent la portion du puits exécutée par les moyens ordinaires ; la partie inférieure de la *fig*. 3 et celle à gauche de la *fig*. 4 représentent le travail dans les sables.

A A, est le cuvelage octogonal dont le puits est ou doit être revêtu. B B B est un prisme octogonal ayant intérieurement les dimensions extérieures du cuvelage ; il est formé de panneaux, composés de madriers jointifs placés horizontalement, revêtus à l'intérieur et à l'extérieur de larges tôles de $0^{m}.02$ d'épaisseur, réunies par des rivets, *k*, *k*.... à tête fraisée, qui traversent le bois ; ils s'assemblent à joints plats suivant l'onglet. Des pièces de fer pliées suivant l'angle du polygone, et placées à plat entre les tôles de revêtement, en bas en S, où elles servent à établir un couteau, et en haut en P, fournissent un moyen d'assemblage des panneaux ; des bandages, *g*, *m*, *n*, *u*, *v* (ces deux derniers ne se voient que dans la *fig.* 5), quoique destinés à d'autres usages, servent aussi à réunir les panneaux.

A la partie supérieure du prisme, et sur les équerres en fer P, se trouve une pièce de bois *q*, logée entre les tôles de chaque panneau, mais qui les dépasse, comme on le voit (*fig.* 5). Cette pièce porte deux entailles, dans lesquelles viennent se loger des lames de cuir *r*, destinées à s'appliquer contre le cuvelage, et à empêcher, en cet endroit, le passage de l'eau, et surtout du sable. En cas d'insuffisance de cette disposition, un bourrage X peut être exécuté entre les cercles *u* et *v*, ce dernier étant mobile et susceptible d'exercer une pression sur les étoupes ou la mousse du bourrage.

Dans l'intérieur du prisme est placé un fond ou masque D, composé de huit panneaux correspondants à ceux du prisme. Ces panneaux, munis de fortes nervures qui servent à les assembler entre eux, portent chacun un trou d'homme Z, et laissent au centre une ouverture circulaire, sur laquelle est établie une colonne de tuyaux en tôle C, qui s'élève jusqu'à

la tête des niveaux. Le masque est assujetti au prisme par les deux cercles ou bandages *m, g*.

Seize presses hydrauliques (deux par panneau), E, E, E.... sont fixées contre le prisme et comprises entre les bandages *n*, *m*: en sorte que l'effort qu'elles exercent par leurs pistons F, F... réagit sur le masque D, par l'intermédiaire du cercle *m*. Ces presses sont unies deux à deux, par des tuyaux W, qui assurent la marche simultanée des deux presses qui occupent un même panneau.

Dans le tuyau C descend une tige T, en bois d'un fort équarrissage, qui va de la surface au fond du puits. Les parties élémentaires dont elle se compose sont assemblées par des espèces d'étriers dont le dessin se voit en G (*fig.* 3). Cette tige sert à remonter ou à descendre, et à faire tourner un trépan dilatable, qui agit sous le masque pour creuser l'excavation dans laquelle le prisme s'engage.

Ce trépan, représenté en projection horizontale par la fig. 6, se compose de deux manchons M, M' (*fig.* 3), qui glissent librement sur la tige T. Sur chacune de leurs faces sont articulés des bras *ab*, *cd*, *a'b'*, *c'd'*, rappelant la disposition des fourchettes adaptées aux baleines d'un parapluie. Au manchon inférieur M' est suspendu un vase ou cuiller U en tôle, cylindrique, que la tige T traverse en passant dans une tubulure qui en occupe le centre. Cette cuiller repose sur un arrêt V, dont la tige T est munie à sa partie inférieure.

Le manchon supérieur M est suspendu à deux cordes *f*, *f*, par deux crochets *e*, *e*. A mesure que ce manchon descend ou monte, les bras *cd*, *c'd'* du trépan s'ouvrent ou se ferment; et, quand ils sont entièrement fermés, ils peuvent passer

sans difficulté dans la colonne C, et revenir à la surface en remontant avec eux la cuiller U.

Pour faire fonctionner le trépan, on fait tourner la tige T en agissant sur la manivelle K, qui, par une transmission de mouvement très-simple, imprime un mouvement de rotation à la grande roue R, dont la tige T traverse le moyeu. Cette roue repose sur des galets N à la manière des plaques tournantes des chemins de fer. Pour effectuer ces manœuvres, les hommes sont placés sur le plancher P.

Ainsi qu'on le voit par les dessins, ces deux projets diffèrent essentiellement de principe.

M. Parmentier proposait d'introduire dans le puits de Saint-Waast un cylindre en tôle d'un diamètre un peu plus petit que le cercle inscrit du cuvelage, et de pousser ce cylindre dans les couches argileuses qui recouvrent le sable, puis dans le sable lui-même, et enfin dans le terrain houiller, où on l'enfoncerait de plusieurs mètres, afin que le caractère plastique de la partie supérieure de ce terrain (à Saint-Waast) produisît une obturation complète, pour empêcher, au moins momentanément, l'eau et les sables supérieurs de trouver un passage.

Ce cylindre étant installé dans le puits, et les eaux parvenues à leur niveau naturel, on excaverait le terrain au moyen d'un trépan dilatable, et on retirerait les déblais à l'aide de dragues. Le tube serait alors poussé par deux presses hydrauliques, secourues au besoin par l'action d'un fort mouton. Arrivé à la profondeur voulue dans le terrain houiller, les eaux seraient épuisées, le puits approfondi par les moyens ordinaires, et un siége serait posé pour recevoir le cuvelage, qui, partant du fond, viendrait rencontrer la partie inférieure du tube, avec lequel on le joindrait définitivement.

M. Guibal, chargé par la commission d'étudier ce projet et de faire un rapport, examine les opérations principales, qui sont : *la construction et l'installation du tube, — la pression nécessaire pour l'enfoncer, et les moyens de la produire, — le forage et la manœuvre du trépan, — le dragage et la manœuvre des dragues, — et enfin la jonction du tube avec le terrain houiller.*

Tout en admettant qu'il soit possible de construire un tube en tôle de $2^{m}.40$ de diamètre assez solide, il ne croit pas que les conditions très-variables dans lesquelles ce tube se trouvera probablement placé, tant sous le rapport de la pression latérale qu'il aura à supporter qu'au point de vue des efforts qui seront exercés pour le faire pénétrer dans le sol, soient suffisamment appréciables pour être calculées. Il regarde comme très-difficile l'allongement du tube en exécutant les assemblages dans le puits même, et considère la descente de cet énorme poids comme une opération d'une grande difficulté.

M. Guibal, en examinant avec un soin tout particulier les conditions générales que présentent les sables, et particulièrement ceux qu'il s'agit de traverser à Saint-Waast, qui ont produit des phénomènes si remarquables pendant le cours des forages exécutés, considère l'enfoncement du tube comme une opération pouvant faire appréhender des difficultés excessives, malgré le point d'appui que M. Parmentier espère trouver sous le bloc de maçonnerie, qu'il figure dans son dessin comme ayant 4 mètres de hauteur et $1^{m}.30$ d'épaisseur, empruntant encore quelque résistance à sa jonction avec le terrain qui l'encaisse. Les deux presses hydrauliques lui semblent insuffisantes pour opérer l'effort nécessaire, et l'installation

d'un plus grand nombre impossible, eu égard aux manœuvres à exécuter, en dehors des efforts de pression, dans l'espace déjà très-restreint que laissent les deux presses. Enfin, il croit que M. Parmentier s'abuse sur les effets produits par le mouton qu'il destine à venir en aide aux presses, et rappelle le principe admis, *que le choc perd de son action à mesure que la masse choquée devient plus considérable.*

Le trépan, quoique bien disposé, ne semble pas à M. Guibal devoir remplir les conditions voulues pour attaquer les terrains qu'il s'agit de traverser ; il exige, pour son service, des manœuvres fréquentes et très-lentes. Quant aux dragues, que M. Parmentier dispose comme l'ancien sabot des sondeurs, mais avec l'addition d'une soupape suivant une des génératrices, il les considère comme trop petites, d'après l'espace laissé libre pour leur introduction, et partant d'un usage très-peu avantageux. En résumé, M. Guibal trouve que les moyens de forage et de dragage, imparfaitement étudiés, il est vrai, paraissent complétement insuffisants, et exigeraient, en tout cas, une étude nouvelle et complète de la part de l'auteur.

La jonction du tube avec le terrain houiller, qui offre à Saint-Waast une plasticité si remarquable et si favorable, présente assez de probabilités de bien remplir son but, à la condition toutefois que l'on procédera avec prudence à l'épuisement des eaux ; car, s'il s'ouvrait des issues, le mal pourrait être sans remède, à moins d'exagérer la longueur dont le tube devrait descendre dans le terrain houiller.

De l'ensemble de toutes ces observations il résulte, pour M. Guibal, que le projet de M. Parmentier présente d'énormes difficultés d'exécution, et nécessairement des dépenses très-

M. Guibal, chargé par la ... a outre, arrivé au but, son
de faire un rapport, ex... de fonçage par tubage, sur-
sont : *la construction* ... est sujette, dans l'avenir, à des
nécessaire pour l'enf ... exploitation des mines. Au reste,
le forage et la ma ... ployé, tout en les abrégeant, les pro-
nœuvre des drag ... Guibal, voici textuellement son résumé
terrain houill ...

Tout en a ... déclare sincèrement, le projet qu'on vous pro-
en tôle de ... de chances d'accidents, et probablement
les cond... insuccès complet. Voici mes raisons :
vera p... je passe sur tous les incidents d'un travail de ce genre
latér... impossibles à prévoir après l'étude la plus approfondie d'un
qu'... projet, et à plus forte raison quant à celui de M. Parmentier,
s... qui est loin d'être complet. Je suppose que tout va bien, que
le tube est engagé dans le terrain houiller, qu'il y ferme tout
passage aux eaux supérieures, la presque entière réussite, en
un mot, pour quiconque n'y regarderait pas d'assez près, et
je me reporte à la dernière opération, à l'enlèvement des eaux
du puits terminé. Eh bien, à cet instant suprême tout peut
encore être perdu !

« Que le tube se soit déformé, que quelque lésion ait eu lieu pendant son enfoncement, et, dès que la pression que produiront les eaux qu'il doit retenir s'exercera, les moindres avaries auront les plus redoutables conséquences ; il sera rompu, écrasé tout à coup. On aura presque atteint le but, on comptera sur le succès, et un instant suffira pour faire perdre à jamais le fruit de toutes les peines qu'on se sera données.

« Pour qu'on ne m'accuse pas d'exagération, je n'ai qu'à rappeler ce que j'ai dit des conditions instables de résistance

s pressés extérieurement, et à citer les exemples
e a fournis déjà de cas semblables à celui que
usieurs tubes ont été écrasés à Strépy dans les
nfoncements ; celui de Saint-Alexandre a été trouvé
par la pression qu'il avait supportée ; en France, un
foré par M. Mulot dans le département du Pas-de-Calais
été perdu par l'écrasement du cylindre en tôle[1] dont on avait fait usage pour revêtir ses parois; enfin, Kind lui-même a éprouvé pareil accident à plusieurs des puits qu'il a tentés par son système[2]. Or, tous ces accidents ont eu lieu au moment où l'on tirait les eaux hors du puits, et se sont produits inopinément, d'une manière instantanée.

« C'est que les métaux, dans les constructions, ne résistent énergiquement que pour céder tout à coup ; c'est que les tubes notamment, à peine excédés dans leur résistance transversale, se trouvent réduits à une faiblesse extrême, leur solidité n'étant qu'un artifice. C'est enfin que, rigides dans leur longueur, la moindre déviation doit les faire rompre.

« L'emploi des tubes métalliques excite au plus haut degré ma méfiance pour le revêtement des puits, et je suis d'autant plus porté à les proscrire de ce genre de construction, qu'ils y sont exposés à des détériorations fort rapides. J'ai vu en Angleterre des puits revêtus de fonte, dont les parois compléte-

[1] Nous avons toujours entendu dire que le tubage de M. Mulot était en bois et de l'exécution la plus soignée.

[2] Le tableau des sondages exécutés, ou en cours d'exécution, par la Compagnie des sondages (système Kind), arrêté au 31 mars 1856, porte :
« Traité du 7 octobre 1853, Compagnie de Saint-Waast (Belgique), trou de
« sonde de 4m.25, 90 mètres de profondeur, douze mois de temps em-
« ployé ; et en note : ce puits est exécuté pour extraire la houille. »

ment oxydées, au bout de quatre ou cinq ans, exigeaient un revêtement entièrement neuf. Or, qu'on imagine la position d'une mine dont le puits, exécuté dans d'importantes couches de sable aquifère, viendrait à s'écrouler.

« A moins qu'on ne nie mes appréhensions, on conviendra que la réussite, par le moyen des tubes métalliques, mérite à peine ce nom.

« Au surplus, il me reste à exposer une dernière considération, de laquelle il résulte clairement pour moi que la réussite n'est pas probable par l'emploi des tubes métalliques. J'ai déjà dit qu'à Strépy-Bracquegnies on avait été à bout d'efforts pour faire entrer le tube à la fin de l'opération; mais un fait peu connu, qui m'a été rapporté par M. Delaroche[1] lui-même, et qui est concluant, c'est l'écoulement continu des sables autour du tube pendant l'enfoncement de celui-ci, c'est le mouvement giratoire que la masse environnante effectuait. M. Delaroche l'a constaté en jetant derrière le tube des sacs de toile remplis de pierres, et qui, dès le lendemain, étaient ramenés du fond par les dragues. Or, je le demande, n'est-il pas évident, puisque pareille chose se produisait, que le tube ne frottait pas contre le terrain, mais qu'au contraire celui-ci descendait plus vite que le tube lui-même, qui dès lors était entraîné par le mouvement de la masse? Et si, dans un cas semblable, la résistance à vaincre est encore si grande, que serait-ce si le sable était en repos? Quant à arguer que le même mouvement se produira chez nous, on ne le peut : car, s'il se produisait, il en résulterait des affouillements énormes qui compromettraient toute la construction jusqu'à la surface,

[1] Directeur-gérant des mines de Strépy-Bracquegnies.

puisque, n'ayant pas accès, comme à Strépy, à la tête des sables, nous ne saurions combler le vide.

« J'appelle toute votre attention, Messieurs, sur ce dernier point : car, tant qu'un fait accompli ne m'aura pas prouvé qu'on peut introduire, en le pressant, un tube de grande dimension et d'une longueur considérable dans les sables, je croirai la chose impossible par les raisons que je viens de donner.

« Aussi, loin que le doute que j'exprimais en 1854 ait diminué dans mon esprit, mes réflexions, mes observations, mes études, l'ont accru et rendu complet. »

Ainsi qu'on le voit, M. Guibal, après avoir étudié d'une manière si remarquable les difficultés à vaincre pour arriver au succès du percement d'une fosse au moyen de forages et de tubages à grand diamètre, confirme en 1856 l'opinion que nous avions émise en 1853.

Cette opinion ne concerne, il est vrai, que l'opération tentée dans des terrains non résistants, tandis que nous l'étendons à tous ceux dans lesquels le mineur ne peut arriver sans difficultés, non pas insurmontables, mais seulement plus coûteuses que les moyens de forage proposés. Nous avons toujours eu connaissance des travaux commencés par ce procédé; mais, jusqu'à présent, aucun résultat satisfaisant et final n'est arrivé jusqu'à nous.

M. Parmentier n'accepte pas sans réplique les critiques de M. Guibal sur le projet qu'il a conçu, et, notamment au point de vue de l'exécution matérielle, il réfute quelquefois assez heureusement ses assertions. Néanmoins, la commission, après avoir examiné et entendu projet et discussion, déclare d'un avis unanime :

1° Qu'aucun moyen connu ou employé pour la traversée des sables mouvants n'est applicable au puits de Bonne-Espérance de Saint-Waast;

2° Qu'il n'y a pas lieu de conseiller, en aucune manière, le procédé proposé par M. Parmentier.

D'après cela, il nous semble inutile d'analyser en détail ce qui a été dit, nous contentant de renvoyer ceux qu'un intérêt spécial attacherait à ce sujet au mémoire si complet de la commission [1], et nous passerons à l'analyse du projet de M. Guibal.

C'est après avoir examiné attentivement tous les procédés connus jusqu'alors, et notamment ceux de forages et tubages qu'il a trouvés applicables seulement à de faibles profondeurs et lorsqu'on pouvait s'aider, en fin de travail, de l'air comprimé, comme l'a appliqué M. Triger, l'inventeur, aux mines de Chalonne (Maine-et-Loire), que M. Guibal imagina son appareil.

Avant de le décrire, il expose minutieusement les différents états sous lesquels se présentent les sables en général, et particulièrement ceux de Saint-Waast. Nous ne croyons pas qu'il ait été jamais fait sur ce sujet un travail aussi complet, aussi clair, aussi précis.

Nous pensons cependant que, sur un point, M. Guibal pourrait être dans l'erreur, en attribuant trop généralement une grande densité au sable en repos, à l'état statique, surtout lorsque ce sable est siliceux, et qu'il suppose au-dessus une épaisseur notable de terrain.

Il arrive souvent que les terrains supérieurs sont solides,

[1] Imprimé à Mons (Belgique) par Masquiller et Lamir, 1856.

forment ciel sans appuyer sur les sables, et que, même sous des argiles ou des sables argileux assez compactes se soutenant très-bien, on rencontre d'autres sables d'une telle fluidité, qu'une sonde s'y enfonce comme dans le vide, bien que le niveau de l'eau n'ait subi aucune modification. Ce qui peut être juste pour des sables placés horizontalement peut ne plus l'être s'ils ont un pendage continu ou accidentel; puis, il faut admettre que l'eau n'est pas toujours le véhicule qui contient le sable, qu'il peut se trouver dans des argiles, plus ou moins vaseuses, qui s'opposeront au tassement intime des molécules. A Saint-Waast, on n'a pas à redouter, à ce qu'il paraît, l'action de gaz comprimés; mais ce phénomène n'est pas rare, et il se manifeste quelquefois par un soulèvement de sable bien au-dessus du niveau naturel, et même par sa projection en dehors du sondage. Nous pouvons citer des puits de Venise, où les sables étaient quelquefois projetés, de 60 mètres de profondeur, à 12 ou 14 mètres au-dessus du sol, par le gaz hydrogène carboné. A Lempdes, près de Brassac, le fonçage d'une avaleresse, il est vrai à niveau vide, fut interrompu plusieurs fois par le gaz acide carbonique, qui soulevait le terrain de plusieurs mètres, et enfin par une dernière explosion qui combla le puits sur plus de 20 mètres de hauteur. Dans le sondage qui se pratiqua ensuite sur cette fosse, bien qu'on travaillât à niveau plein, souvent les sables remontaient de plusieurs mètres, et ne cessaient de monter que lorsque le terrain était entièrement purgé, ou que les tubes avaient coupé le foyer d'émission.

En ce qui concerne les sables de Saint-Waast, les études de M. Guibal le portent à admettre qu'il est impossible d'en approcher sans les faire jaillir, à moins de leur opposer une colonne d'eau égale à celle qui les presse, c'est-à-dire de pratiquer le

travail à niveau plein. Son appareil répond parfaitement à cette exigence.

D'un autre côté, enfoncer un tube de grand diamètre dans une grande épaisseur de sable ou d'argile étant, d'après tous les précédents, une opération facile pour les premiers mètres, mais devenant de plus en plus impossible lorsque les surfaces en contact se multiplient, quelle que soit la puissance d'action dont on dispose, M. Guibal devait, tout en pénétrant dans le terrain, chercher le moyen d'obtenir un tube qui ne présentât qu'une surface constante et limitée aux efforts que l'on peut produire pour le pousser en avant. Ici nous transcrivons textuellement l'exposé si clair de la disposition adoptée:

« Mon projet est essentiellement fondé sur l'emploi d'un tube partiel, destiné à pénétrer dans le terrain, soit à la suite de l'excavation, soit, s'il se peut, en la précédant, et qui doit laisser derrière lui un revêtement définitif, immobile, dont il ne doit servir qu'à faciliter l'exécution.

« Pour comprendre ce principe dans son abstraction, il faut se figurer un cylindre de quelques mètres de hauteur seulement, introduit dans le sable (que je supposerai sec pour le moment), et que dans l'intérieur de ce cylindre s'exécute une construction, protégée d'abord contre l'action du sable environnant par le cylindre même.

« Les choses étant ainsi établies, il faut imaginer ensuite que le cylindre, pourvu de moyens d'action convenables, agit contre cette construction supposée stable, et réagit sur lui-même de manière à cheminer de haut en bas, en pénétrant dans le sable. Il est évident, dès lors, qu'il laissera derrière lui la construction qu'il contenait, absolument comme un corps de pompe à piston plongeur abandonnerait derrière lui ce

piston si, celui-ci étant fixe, immuable, l'action développée dans la pompe pouvait en faire avancer le corps. En d'autres termes, ce qui se passe dans cette hypothèse est la réciproque de ce qui a lieu dans une presse hydraulique, dont le piston sort du cylindre par la pression qu'on développe, c'est-à-dire que le piston, représenté ici par une construction définitive, est immobile, et que c'est le cylindre qui avance.

« La conséquence la plus grande, et aussi la plus importante de ce dispositif, c'est incontestablement que, le cylindre pénétrant, conservant toujours la même longueur, la résistance qu'il rencontre en avançant ne pourra s'accroître que si le terrain, pour une raison quelconque, présente une plus grande difficulté à se laisser pénétrer. En effet, à quelque profondeur qu'il soit arrivé, la surface de contact qu'il présente reste constante ; il n'y a donc de variation possible que dans l'adhérence que pourrait présenter chaque unité de surface. Quant à la construction définitive, qui naît à l'intérieur du cylindre, elle ne bouge pas, elle ne parcourt aucun chemin; chaque partie reste à la profondeur à laquelle elle a été exécutée; conséquemment, elle ne peut rencontrer ni faire aucune résistance. Le seul effet qu'elle éprouve, c'est, quand le cylindre l'a abandonnée en cheminant, d'être pressée par le terrain qui se resserre sur elle, et d'être soutenue par cette action, comme cela se passe dans les revêtements partiels des puits maçonnés.

« Si, au lieu de supposer que ce que je viens de dire se passe à la surface, dans le sable sec, on suppose que les choses ont lieu au fond d'un puits, dans des sables aquifères, les conditions seront considérablement changées. Il faut donc analyser les effets de ces nouvelles conditions.

« D'abord, quant à la situation de l'opération au fond d'un puits, si ce puits, ainsi que cela se présente à Saint-Waast, est muni d'un cuvelage, il sera naturel de faire en sorte que la construction à exécuter dans le cylindre supposé en soit la continuation. Ainsi, elle devra se composer de pièces de bois, comme le cuvelage lui-même, et constituer un véritable cuvelage. Dès lors le cylindre devra se transformer en un prisme dont la section intérieure soit la section extérieure de ce cuvelage. Si donc celui-ci a une dimension intérieure déterminée (elle l'est à Saint-Waast, et son diamètre inscrit est de 2m.50); si, de plus, la résistance à lui donner assigne aux pièces qui le composent une épaisseur déterminée, le prisme mobile *pénétrant*, comme je l'appellerai désormais, sera déterminé. Voilà donc la seule conséquence directe qu'entraîne la supposition de l'exécution du travail au fond d'un puits. Mais il en est d'autres indirectes, que je vais énumérer, quoique je me propose de ne les traiter qu'un peu plus tard. C'est d'abord l'installation de ce prisme au fond du puits, ensuite la création de moyens propres à produire l'effort nécessaire pour son enfoncement, enfin les dispositions à l'aide desquelles on exécutera la construction qui doit prendre naissance dans le prisme. On sent, du reste, que, pour installer l'appareil au fond du puits, il faudra y pratiquer une excavation assez vaste pour le recevoir; que les moyens de pression agiront sur le cuvelage existant, pour réagir sur le prisme dont ces moyens devront faire partie ; enfin, que les pièces du cuvelage à construire, de haut en bas, devront être liées ou suspendues les unes aux autres, comme cela se fait dans plusieurs constructions analogues.

« Jusqu'ici, il me semble du moins, l'esprit n'aperçoit au-

cune difficulté sérieuse de réalisation. Deux objections peuvent seules être faites. D'abord, on peut douter que le prisme cède aux efforts qu'on fera pour l'enfoncer; ensuite, on se demande comment se soutiendra la construction qui s'exécute dans le prisme, surtout pendant l'exécution. Je vais y répondre, en supposant encore qu'on opère dans un terrain sec.

« Pour que le prisme ne s'enfonçât pas, il faudrait, de deux choses l'une, ou que la résistance qu'il éprouve excédât la puissance dont on peut disposer, ou que cette puissance ne surpassât pas la résistance à vaincre, ce qui n'est pas tout à fait la même chose, malgré l'apparence. Or, je dis que pareilles circonstances ne sont pas à craindre, par la raison que la hauteur du prisme est la cause directe de la résistance, l'un des facteurs qui la constituent, et qu'on sera toujours plus ou moins maître de la faire telle que l'on soit rassuré de ce côté. Si donc la force dont on pourra disposer est limitée ; si, d'un autre côté, on sait la résistance approximative d'un prisme de hauteur donnée, rien ne sera plus aisé que d'en adopter un dont la hauteur soit en rapport avec l'effort que l'on sait pouvoir produire. S'il arrivait que, pour satisfaire aux conditions, le prisme dût avoir une longueur incompatible avec le reste des dispositions, on devrait s'attacher à proportionner la force à la résistance, ce qui, en cas de nécessité, ne saurait être impossible. C'est pour cela que j'ai présenté la question sous ces deux faces; et si j'ai ajouté que, quoique réciproques, ces deux circonstances sont distinctes, c'est que l'une influe sur les moyens de produire la pression, et l'autre sur la hauteur à donner au prisme, ce qui réellement est chose très-différente. »

M. Guibal décrit ensuite les moyens qu'il emploie pour sou-

tenir son cuvelage à mesure que, le prisme poursuivant son chemin, il devient nécessaire de le prolonger de haut en bas par le placement d'une nouvelle assise.

La réalisation de tout ce qu'il vient de dire pour des sables secs ne présentant pas d'objection, il examine ce qui se passera lorsque, comme à Saint-Waast, les sables sont aquifères, et qu'alors, songer à épuiser les eaux, c'est songer à épuiser les sables eux-mêmes.

Nous avons vu précédemment que l'épuisement de l'eau, c'est-à-dire le travail à niveau vide, était rejeté par l'auteur de ce projet comme donnant lieu à des perturbations dans les sables, perturbations qu'il veut éviter en maintenant le niveau plein. Nous voyons maintenant que, pour accomplir les pressions nécessaires pour pousser le prisme en avant, continuer le cuvelage et dégager les terrains, les hommes doivent opérer au fond du puits.

Or, voici les moyens employés pour tourner ces difficultés. La partie inférieure du prisme porte un masque composé de pièces de fonte, formant huit segments qui correspondent aux huit faces du prisme ; ces segments, solidement réunis, portent chacun un trou d'homme, fermé par un tampon. Ces trous d'homme ont pour effet d'alléger chaque pièce, et de faciliter un libre passage sous le masque, pendant le montage de l'appareil et son démontage, à la fin de l'opération. Ils pourraient également permettre la continuation de l'enfoncement sans l'enlèvement du masque.

Au centre du masque, une ouverture circulaire reçoit une colonne centrale destinée à laisser les eaux s'élever, et par conséquent laisser les sables dans les conditions de niveau plein.

Ce tube sert également au passage des instruments foreurs

et dragueurs destinés à dégager le dessous du masque, et à permettre aux parties saillantes et coupantes du prisme de pénétrer dans le talus sous les efforts de pression que l'on exercera au moyen de seize presses hydrauliques, réunies deux à deux, chaque couple exerçant son effort sous le cuvelage et sur le prisme. M. Guibal donne un détail complet de l'agencement mécanique de toutes ces pièces entre elles, de manière à donner à tout l'ensemble une rigidité et une solidité plus que suffisantes pour supporter les efforts développés par les seize presses, efforts qu'il évalue à 797,580 kilog.

Le dessin des appareils foreurs et dragueurs explique clairement leur disposition. La drague placée sous l'instrument foreur dans un avant-trou reçoit les parties désagrégées du talus formé par la rotation des lames dentées. Ces instruments, qui, à première vue, ne satisfont peut-être pas complétement aux idées que l'on se fait des terrains dans lesquels ils fonctionnent, confirment cependant par leur usage les idées de M. Guibal, que les sables dans leur état statique restent en repos et peuvent être taillés sous des formes déterminées. Pour les argiles, les lames, au lieu d'être dentées, sont tranchantes et légèrement recourbées. Si les terrains étaient éboulants, M. Guibal pense que le travail ne serait que plus facile, puisqu'on n'aurait qu'à draguer et à faire avancer le prisme.

Lorsque le prisme aura pénétré dans le sable, on pourrait craindre que le sable et l'eau ne cherchassent à se faire jour par le joint supérieur, malgré les lames de cuir superposées qui ont été disposées de manière à faire un frottement constant sur la partie extérieure du cuvelage; l'auteur du projet fait alors remarquer que rien ne serait plus facile que d'obvier

à cet inconvénient en introduisant, entre le cuvelage et le prisme, des étoupes ou même de la mousse, et de les maintenir par un cercle ou des planchettes fixées aux parois du prisme, comme cela a lieu pour le bourrage des machines.

Une objection pouvait se présenter, c'était le cas où le masque refuserait d'entrer. Dans ce cas, et pour faciliter un mouvement dans le terrain, on a ménagé, dans la colonne centrale, des ouvertures qui serviraient à laisser abaisser le niveau et à changer l'état de compressibilité des terrains, les ameublir en un mot. Si le cas contraire se présentait, et que l'on redoutât une grande fluidité des sables, M. Guibal croit qu'en augmentant le niveau de l'eau dans la colonne centrale, il les rendrait plus compactes.

Nous doutons que cette seconde hypothèse puisse toujours se réaliser; les sables peuvent être tellement absorbants, que des quantités énormes d'eau pourraient être projetées dans la colonne centrale sans en augmenter le niveau; il faudrait charger l'eau de matières plastiques rendant son filtrage plus lent.

Nous ne suivrons pas M. Guibal dans la série des hypothèses défavorables qui peuvent se présenter, et qu'il se fait un jeu de surmonter, et nous arriverons au point où l'opération peut présenter les plus grandes difficultés, c'est-à-dire à l'enlèvement du masque et au raccordement avec le terrain houiller. Nous reproduisons textuellement M. Guibal.

« Tout ce qui précède se rapporte au creusement du puits, et, jusqu'à un certain point, au revêtement des parois, puisque le cuvelage est resté derrière le prisme au fur et à mesure que celui-ci avance; mais de là à livrer la fosse libre et susceptible d'être continuée par les moyens ordinaires, il y a loin.

En effet, il reste à raccorder le cuvelage avec le terrain houiller, et cette opération a toujours été, dans les circonstances analogues, la plus difficile, la plus périlleuse. Heureusement qu'à Saint-Waast, le terrain houiller décomposé se présente à l'état d'argile de 10 à 15 mètres de hauteur, et qu'en y faisant pénétrer le prisme d'une quantité suffisante, on peut espérer que tout passage de l'eau et des sables sera empêché. Mais cet espoir est-il réalisable ? Voilà ce qu'il importe de chercher.

« Oui, l'on peut compter que, si l'on fait pénétrer le prisme dans l'argile, je ne dirai pas de plusieurs mètres, mais de quelques décimètres, ni l'eau, ni surtout les sables, ne pourront passer.

« Toutefois, il faut s'entendre sur la manière de faire pénétrer le prisme dans l'argile. Si l'on fraye son passage, le résultat sera douteux, parce que, quoique les terrains plastiques jouissent de la propriété de se resserrer, jamais ils ne s'appliqueront avec la même énergie que s'ils avaient été coupés par le prisme lui-même. Mais si celui-ci, poussé avec force, entre dans l'argile dont on se borne à le débarrasser intérieurement, je suis certain que, malgré l'énorme pression à supporter, l'eau sera parfaitement retenue à moins d'un mètre de pénétration dans le terrain houiller. Cependant, il est évident que plus on pénétrera et plus on se donnera de sécurité ; aussi j'ai eu soin de faire remarquer qu'ayant, à la fin du travail, tout le poids de l'eau contenue dans le puits à ma disposition, je me proposais d'en profiter pour pousser le prisme aussi bas qu'il me sera possible.

« Dès que le prisme aura pénétré dans le terrain houiller, il me sera très-aisé de savoir si l'eau, et surtout les sables, sont ou non retenus. Il suffira pour cela de faire écouler une partie

de l'eau de la colonne centrale, et d'observer si le niveau s'y élève ; car, s'il reste stationnaire, il est bien certain que tout passage est obstrué. Cette épreuve, qu'on pourra renouveler aussi souvent qu'on voudra, est précieuse, car le plus grand danger qu'on pourrait courir serait de démasquer le puits sans avoir la certitude que l'opération est réussie.

« En effet, quelque faible que soit d'abord la filtration, elle ne tarderait pas à s'accroître par un écoulement continuel, et peut-être le travail serait-il perdu en entier. Si, au contraire, le masque restant en place, on reconnaît que l'eau pénètre, il suffira de rétablir le niveau dans la colonne centrale pour éviter tout écoulement, et provoquer l'obstruction des fissures ou passages ; car on sait par expérience, notamment au couchant de Mons, avec quelle facilité cet effet se produit. Continuant, d'ailleurs, à faire pénétrer le prisme, il n'est pas admissible qu'on ne parvienne à l'engager assez avant pour que toute pénétration devienne impossible.

« Ce résultat obtenu, le travail de raccordement est très-simple. Le masque est ouvert, c'est-à-dire qu'on démasque les trous d'homme, et les ouvriers se rendent dans le fond du puits. Si l'on juge que le terrain est propice pour établir un siége, on en prépare la place immédiatement ; mais s'il fallait approfondir notablement pour trouver une place convenable, le masque devrait être enlevé ; cette opération, en tout cas, sera très-aisée, à cause du double accès par-dessus et par-dessous.

« Le siége inférieur posé, on élèvera dessus un cuvelage destiné à aller joindre le cuvelage supérieur. Pour cela on devra enlever les presses hydrauliques ; mais comme elles supportent le cuvelage, on ne pourra les retirer toutes à la fois. Voici

comment on pourra opérer : le cuvelage inférieur étant monté jusqu'au niveau qu'occupait le masque, on enlèvera les presses d'un côté (les quatorze autres restant en action), et le cuvelage sera rejoint de ce côté. La même chose sera faite successivement pour les autres côtés. Mais on comprend que la dernière pièce du dernier côté, et peut-être de plusieurs, présentera de la difficulté, puisqu'il ne sera plus possible de ménager l'espace que réclame l'introduction des clefs par bout, le prisme y mettant obstacle.

« Le moyen auquel je me propose de recourir pour lever cette difficulté est bien simple : il consiste à tenir ces dernières pièces plus courtes d'une dizaine de centimètres, ce qui permettra de les introduire de face ; et, quand elles seront posées, on placera verticalement à chaque extrémité une pièce de cinq centimètres d'épaisseur, qui remplira le vide. Je ne vois aucune raison pour que cette disposition ne présente pas la solidité du cuvelage ordinaire ; mais, en supposant qu'elle laissât quelque chose à désirer, on remarquera qu'on se trouve dans le prisme, et que la présence de celui-ci contribue puissamment à consolider la partie du cuvelage qu'il entoure.

« Dès que le cuvelage reposera sur des siéges inférieurs, tout danger aura cessé, quoique, à tout prendre, le travail ne soit pas entièrement terminé, puisqu'il sera encore nécessaire de prolonger ce cuvelage jusqu'au terrain houiller naturel, que je suppose un peu plus bas. Pour ce motif, je crois qu'on devra poser les siéges sous le prisme le plus tôt possible, dût-on en mettre d'autres en plus grand nombre par-dessous, la multiplication des siéges étant, à mes yeux, l'élément principal de la solidité du cuvelage.

« Si tout se passait comme je le prévois, il est évident que

la réussite de l'opération serait assurée. Mais peut-on admettre qu'il en soit ainsi? Je ne le crois pas, et je suis le premier à reconnaître que très-probablement il se présentera des incidents, et qu'il est nécessaire d'examiner ceux qu'on doit prévoir. »

Ainsi qu'on le voit, si bien étudié que soit son projet, M. Guibal, avec une modestie peu commune, ne dissimule aucune des chances critiques qui peuvent se présenter.

L'opinion de la commission, d'un avis unanime, est:

« Que le projet de M. Guibal lui a paru parfaitement étudié dans son ensemble et dans ses détails, et que son procédé est fondé sur la connaissance des propriétés des sables mouvants, et sur une application savante des lois physiques et mécaniques;

« Que ce système présente, en conséquence, assez de chances de réussite pour qu'on puisse en tenter l'emploi. »

Pendant un voyage que nous avons fait en Belgique au mois de juillet 1858, nous avons eu le bonheur de rencontrer M. Guibal, qui nous a confirmé ce que nous avions déjà appris d'ingénieurs de la localité.

L'avaleresse de Saint-Waast avait reçu l'appareil, et il fonctionnait bien ; il était alors dans les sables à 85 mètres de profondeur ; les argiles avaient été traversées très-facilement à l'aide du trépan dilatable qui a parfaitement réussi. Dans le commencement, on ramenait l'argile attachée aux branches de l'instrument qui en rapportait environ 3 à 4 hectolitres. Plus tard, on reconnut que, l'argile délayée n'ayant aucun inconvénient pour le travail, on pouvait prolonger l'action du trépan et le remonter moins souvent; cela activa de beaucoup l'approfondissement, et on parvint à faire par jour de 15 à 20

centimètres de travail utile. Il faut dire *de travail utile*, parce que, dans le principe, on a été souvent entravé par de fréquents dérangements à la conduite des pompes alimentaires des presses hydrauliques, à la transmission du mouvement qui faisait tourner la tige du trépan, etc.

Lorsque l'on eut pénétré de 6 mètres environ dans les argiles, on s'aperçut que l'une des pièces du masque était cassée. Cette fissure fut attribuée par M. Guibal au retrait de la fonte. Il en fit faire la réparation en exécutant un serrement en bois, à la manière de ceux qui s'exécutent dans les mines ; mais on ne tarda pas à s'apercevoir que cette opération n'avait pas complétement réussi. Quoiqu'on eût atteint alors la couche de sable, M. Guibal résolut de tenter un nouveau serrement ; mais il venait tant d'eau et tant de sable par la cassure, que la réparation était impossible. En effet, pour l'exécution, il fallait assécher le puits, et, pour l'assécher, il fallait que la réparation fût faite. On sortit de ce cercle vicieux en remplissant d'étoupes, provenant du défilochage de vieilles cordes, toute la capacité qui se trouvait sous le masque. Ce travail fut très-long et très-pénible, mais il réussit enfin, et à sa suite on fit un excellent serrement, qui a parfaitement résisté jusqu'à ce jour [1].

Une fois en marche dans la couche de sable, le travail est

[1] Si cette opération n'avait pas réussi, M. Guibal avait imaginé un bouclier en caoutchouc, disposé à peu près comme un ballon annulaire, qu'il eût fait pénétrer par sa colonne centrale jusque sous le masque; là, il l'eût gonflé au moyen de l'air comprimé ou de l'eau, de manière à ce qu'il se développât, puis, qu'en se dégonflant, poussé sur la partie inférieure de la fissure, il vînt la masquer et faciliter l'opération du picotage.

devenu d'une régularité et d'une facilité remarquables ; pendant plus de trois mois on a fait régulièrement de 1 mètre à 1^{m}.20 de fosse *finie* par semaine. Malheureusement, au commencement de décembre, les tuyaux qui alimentaient les presses s'étant obstrués, plusieurs couples de celles-ci n'ont pas fonctionné pendant une descente ; et quand on a voulu vider le puits pour aller poser le cuvelage, la pompe, qui n'a que 0^{m}.20 de diamètre, fut impuissante. Voici ce qui s'est produit : les pans du cuvelage dont les presses n'avaient pas agi se sont desserrés, et ont laissé venir beaucoup d'eau par leurs joints.

Les accidents déjà réparés par l'auteur du système ne permirent pas de douter que, quelle que fût la gravité de celui-ci, il ne parvînt à en triompher. Ces échecs successifs, toujours surmontés, démontraient que l'appareil, par son ingénieuse disposition, et surtout sous la savante direction qui le faisait agir, offrait des ressources immenses et dès lors une supériorité incontestable. Voici, au reste, le projet adopté pour porter remède au mal actuel. On a cherché à faire remonter l'appareil, pour qu'il vînt s'appuyer sous tout le pourtour du cuvelage ; malheureusement les presses étaient munies de soupapes de retenue, utiles dans toute autre circonstance, mais nuisibles dans celles-ci. Pour suppléer à cet inconvénient et presser le masque de bas en haut, le puits étant plein d'eau, on a fait élever la colonne centrale de 14 mètres, et on la maintint pleine d'eau. Sous cette action l'appareil remonta, mais lentement, puisque l'eau des presses n'avait d'issue que par les fuites des soupapes ou des cuirs. Du moment qu'il y avait déjà mouvement, quelque faible qu'il soit, on était donc en droit de supposer qu'il se continuerait, et que sous peu de temps ce

nouvel obstacle serait vaincu. Il paraît que, jusque-là, la dépense du puits de Saint-Waast a été notablement inférieure à celle d'un passage à niveau dans les terrains résistants.

Telles étaient à cette époque les différentes phases par lesquelles cet ingénieux système était passé. Comme on le supposait, cet obstacle a été surmonté, l'accident réparé, les travaux d'approfondissement repris, et, bien que très-ralentis par des difficultés croissantes, ils continuent toujours à avancer vers une solution définitive[1].

Nous devons signaler un perfectionnement apporté par M. Guibal aux soupapes dont nous nous servons pour extraire

[1] Au commencement de novembre 1860, au moment où ces dernières lignes s'impriment, on lit dans le *Journal de Liége* l'article suivant, que nous nous empressons de transcrire.

« On vient d'achever heureusement dans le Hainaut la construction « d'un puits par le procédé Kind, perfectionné par M. Chaudron. Au « charbonnage de Peronne près Binche, M. Chaudron est parvenu à foncer, « par ce procédé, un puits de 2m.35 de diamètre et de 105 mètres de pro- « fondeur, dont 62 mètres de terrains aquifères. Un cuvelage en fonte de « 62 mètres, et de 2 mètres de diamètre, établi sur boîte à mousse et en- « touré de 0m.16 de béton, a parfaitement retenu les eaux, dont pas une « goutte ne suinte, ni par les joints, ni par la base. Cet essai est d'autant « plus important que c'est le seul jusqu'ici qui soit parvenu à réussir, et « l'on sait que par ce moyen l'on évite les frais et les inconvénients qu'op- « pose l'épuisement des eaux.

« A quelque distance de ce puits, M. Guibal poursuit aussi, par un « procédé ingénieux, une expérience fort intéressante. Il est arrivé au « terrain houiller, mais la base du cuvelage n'est pas encore étanche. »

Le puits de M. Chaudron a été commencé, dit-on, vers 1856, l'année même où un grand sondage voisin, de 4m.50 de diamètre, exécuté par le procédé Kind, était abandonné à 90 mètres de profondeur. Ce dernier avait été commencé en 1853; on a été forcé de l'abandonner parce que, malgré le cuvelage en bois descendu jusqu'à la base du puits, on avait toujours 25 mètres d'eaux inépuisables qui se pratiquaient sans cesse un

les sables de nos forages. Jusqu'ici nous avons toujours placé les clapets, ou le siége des boulets, à quelques centimètres au-dessus de la base de l'instrument. Il paraît qu'il suffit de remonter clapet, ou soupape, de $0^m.50$ environ, dans le tube, pour rendre l'instrument beaucoup plus sûr et plus puissant. La partie inférieure, sous le mouvement de va-et-vient qu'on imprime aux soupapes, fait pompe, soulève le sable circonscrit et appelle celui qui l'entoure. Nous construirons sous peu des instruments de ce système, et nous leur donnerons le nom de soupape Guibal, considérant ce perfectionnement comme un service rendu à l'art des sondages.

Nous ne pouvons clore ce chapitre sans rappeler les anciens et remarquables travaux qu'un ingénieur distingué, M. Andraud, avait faits à ce sujet, en proposant de faire intervenir l'air comprimé [1].

M. Triger, après quelques conférences avec M. Andraud, inventa un système particulier, connu sous son nom, et qu'il

passage sous la partie inférieure du cuvelage. Il est probable qu'à l'aide d'un nouveau cuvelage intérieur, le système de M. Chaudron pourra reprendre ce puits et le mener à bonne fin.

Nous ne possédons malheureusement pas de détails suffisants pour décrire le procédé de M. Chaudron, ni pour fixer sur la dépense à laquelle il entraîne; mais, quelle que soit cette dépense, c'est surtout dans des terrains aquifères et mouvants, comme ceux que l'on rencontre dans une partie du Hainaut, qu'il y a lieu de faire application de procédés semblables, car il est douteux que là les méthodes ordinaires du mineur puissent jamais triompher.

[1] Nous avons trouvé dans le rapport d'une commission de la *Presse scientifique* une étude très-sérieuse des applications de l'air comprimé. C'est à cette source que nous avons puisé pour la description que nous donnons. (Paris, imp. de Guiraudet et Jouaust.)

appliqua merveilleusement au percement d'un puits de mine à travers les sables de la Loire.

L'ingénieuse idée de M. Triger avait déjà depuis longtemps une application différente, il est vrai, mais à peu près analogue, car dans la cloche à plongeur c'est l'air comprimé qui s'oppose à l'invasion du liquide. Cet air se comprime d'autant plus que la cloche descend à de plus grandes profondeurs; mais cette simple pression, due à la colonne d'eau enveloppante, est quelquefois insuffisante pour que les travailleurs puissent agir sans qu'une assez forte épaisseur de liquide couvre le terrain à explorer. L'appareil de M. Triger, en augmentant la pression au moyen de pompe à air, a, nous le croyons, donné l'idée des perfectionnements apportés depuis aux cloches à plongeur. Un de ces appareils, dû à MM. Hallet et Williamson, a été employé depuis plusieurs années aux travaux qui s'exécutent dans le lit de la Seine, à Paris. Les Américains l'ont baptisé du nom significatif de *nautilus* (navigateur).

Voici sa description que nous empruntons au rappport de *la Presse scientifique :*

Le *nautilus* se distingue de la cloche à plongeur, proprement dite, par l'indépendance presque absolue de ses allures, puisque, à l'exception du tube en caoutchouc qui lui porte incessamment la quantité d'air comprimé dont il a besoin, rien ne le rattache d'ailleurs au navire qui l'accompagne et où se trouve installé l'appareil de compression.

La compression de l'air est obtenue dans cet appareil au moyen de l'eau que l'on introduit dans l'organe qui alimente ce réservoir d'air comprimé, et que l'inventeur, M. Williamson, désigne sous le nom de *air-pump;* le piston liquide est fort ingénieusement substitué au piston solide.

Les ouvriers sous-marins, chargés de la manœuvre du nautilus, peuvent, au moyen de l'air comprimé dont ils disposent et sans secours extérieur, immerger plus ou moins profondément l'appareil, le diriger par eux-mêmes à droite ou à gauche, en avant ou en arrière, et le remonter à la surface à l'instant où cela leur convient et avec la plus grande facilité.

Une quantité d'eau plus ou moins grande, tantôt admise dans les compartiments latéraux du nautilus, et tantôt chassée de ces mêmes compartiments par l'air comprimé qui la refoule, augmente ou diminue à volonté la pesanteur spécifique de l'appareil qui devient ainsi un véritable hydrostat. C'est une des applications les plus complètes et les plus curieuses qui aient encore été faites de la force expansive de l'air comprimé, comme moyen de s'opposer à l'envahissement des eaux et des boues liquides dans l'intérieur de certaines capacités déterminées.

Ceci dit, abandonnons les cloches à plongeur, destinées à pénétrer spécialement dans des milieux purement liquides, pour revenir au système de M. Triger qui rentre plus particulièrement dans le domaine du sondage.

Un tube en tôle épaisse avait été primitivement enfoncé à travers les sables mouvants jusqu'au terrain solide, à 20 mètres environ. On avait employé pour cela des procédés analogues à ceux de sondage. Mais, comme toujours, arrivé à ce point, il s'agissait de souder ce tube au terrain solide et imperméable pour éviter l'irruption constante des eaux dans le puits. Vider le puits eût nécessité, on le prévoyait, le secours d'énormes pompes d'épuisement; c'est alors que M. Triger imagina de refouler l'eau au lieu de l'épuiser. Cette opération

eut lieu en 1841. Voici sommairement la disposition de l'appareil.

Un cylindre métallique est placé à l'orifice du puits, et y est joint aussi hermétiquement que possible. Il communique avec ce dernier d'une part, d'autre part avec l'air extérieur au moyen de portes s'ouvrant de haut en bas. Ce cylindre est appelé *sas à air*. Deux tuyaux le traversent : l'un livre passage à l'air envoyé par une machine soufflante ; le second sert de voie de décharge pour une partie des eaux, lorsque l'imperméabilité du terrain rend le refoulement difficile.

Chacun des fonds du sas est muni d'un robinet. Leur effet est inverse par rapport à ce sas. Ils permettent d'équilibrer, aussi graduellement qu'on le veut, la pression qui s'y exerce soit avec la pression extérieure, soit avec celle du puits.

Il est clair qu'on ne peut entrer dans le sas qu'il n'ait eu, au préalable, communication avec l'atmosphère pour que l'air intérieur se mette en équilibre avec l'air extérieur.

Pour pénétrer dans le puits, les ouvriers ont d'abord à fermer le sas ; ils ouvrent ensuite peu à peu celui de ses robinets d'équilibration dont le jeu, relativement au cylindre, est comprimant ou positif. Quand, par suite, le sas et le puits présentent la même tension, et que celle-ci est suffisante pour forcer l'eau à rentrer dans les sables en laissant le fond du puits à sec, la porte intermédiaire s'abattant d'elle-même, les hommes descendent s'acquitter de leur rude besogne, sous une pression progressive qui s'est élevée à la Naville jusqu'à quatre atmosphères et un quart. Les détritus, enlevés du fond, étaient ramenés au moyen d'un treuil à bras dans le sas à air, jusqu'à ce que celui-ci fût encombré ou qu'il fallût se disposer à la sortie des ouvriers.

La sortie, on le comprend, demande une manœuvre tout opposée. Les hommes remontent dans le sas, ferment sa porte inférieure et ouvrent le robinet supérieur dilatant ou négatif. L'équilibre se rétablissant entre le puits, le sas et l'atmosphère, les portes supérieures s'ouvrent, et permettent la sortie des ouvriers et l'extraction complète des matériaux emmagasinés dans le sas.

Dans une seconde application faite à la Naville, M. Charles Mathieu, directeur de l'établissement, avait apporté au système quelques heureuses modifications. Voici, du reste, la marche qu'ont suivie les travaux.

Commencés le 15 juillet 1845, ces travaux ont présenté trois périodes. D'abord on a traversé, à l'aide de l'air comprimé, les couches les plus habituellement aquifères dans ce pays; ensuite l'appareil a été démonté, et des machines d'épuisement, qu'on espérait devoir suffire, ont pris sa place : mais leur inefficacité étant bientôt évidente, on résolut de revenir au système Triger, ce qui toutefois ne se fit qu'en novembre 1846.

De ce moment il n'y eut plus d'interruption, que celle, très-courte, déterminée le 20 décembre 1846 par une explosion, dont la mort de six ouvriers fut la terrible conséquence. La pression était alors de 3 atm. 7/10 ; on avait creusé un peu au delà de 28 mètres.

Ce déplorable événement, relaté dans les *Annales des mines* par M. Comte, et apprécié différemment, quant à ses causes, par cet ingénieur et par son collègue M. Blavier, ne put, de l'avis de ces messieurs, être attribué à quoi que ce soit d'inhérent au procédé. Il ne doit conséquemment jeter aucun discrédit sur ce dernier. On ne saurait non plus, d'après les

mêmes autorités, en accuser un manque quelconque de précaution. Cette considération est trop consolante pour ne point la noter.

Il paraît, au surplus, que la substitution de la forte tôle à la fonte, dans la construction du fond du-sas, rendra semblable accident désormais impossible.

Les travaux, repris quelques mois plus tard après une nouvelle et infructueuse tentative d'épuisement, ont dès lors été menés à bonne fin, sans autre dérangement dans l'appareil.

Organisation des travaux.—Le personnel, depuis le début jusqu'à la fin, s'est composé de soixante-quatre hommes. Ils ont pris le travail à des époques différentes, par conséquent sous des pressions diverses.

Des pelotons de six ou sept ouvriers se succédaient de quatre en quatre heures, faisant la plupart du temps *deux postes* par jour.

La compression et la décompression avaient lieu par degrés. A la fin de chaque poste, une demi-heure était consacrée à chacune de ces opérations; au commencement du travail on n'y mettait guère que la moitié de ce temps.

Les ouvriers peuvent travailler facilement sous une pression de trois atmosphères et demie, leur santé ne semble pas en souffrir; passé cette tension, certaines personnes sont atteintes de douleurs d'oreilles; les tympans vigoureusement tendus deviennent extrêmement sensibles; d'autres phénomènes physiologiques se présentent, mais nous n'avons pas à nous en occuper ici.

Un fait assez important pour être signalé s'est présenté pendant les travaux. Lorsque l'eau du puits fut vidée par la compression de l'air, au moyen du tube plongeant dans le

puits, traversant le sas et débouchant à l'air libre, il arriva que ce tube, en quelque sorte désamorcé, se remplit d'un mélange d'eau et d'air, ou plutôt d'une eau mousseuse qui jaillit à l'extérieur à une hauteur que M. Triger évalue à 20 mètres d'élévation, ce qui correspondrait à 40 mètres au-dessus du niveau de l'eau. Le manomètre n'indiquait que 2 atmosphères en sus de la pression atmosphérique. M. Triger en conclut qu'il est possible d'élever l'eau, par la pression de l'air, à une hauteur beaucoup plus grande que celle qui mesure l'excès de pression de l'air comprimé sur celle de l'atmosphère. Ces effets sont analogues à ceux que l'on obtient avec la pompe spirale décrite dans les notes de M. Blavier sur l'*Architecture hydraulique* de Bélidor.

M. Andraud a imaginé à ce sujet des dispositions très-originales pour des pompes où l'air comprimé produit des effets très-étonnants. Comme on le voit, cet agent préconisé depuis vingt-cinq ou trente ans par M. Andraud a reçu déjà d'importantes applications pour le fonçage des puits; on peut encore citer dans les travaux d'utilité publique quelques fondations de ponts, et notamment celles du pont du Rhin. Dans quelques années peut-être on sera très-surpris de voir l'air comprimé, si peu étudié aujourd'hui, venir prendre place avantageusement auprès de tous nos moyens actuels de produire et d'emmagasiner les forces que nous avons à mettre en œuvre.

CHAPITRE X

DES PUITS ARTÉSIENS.

Dans son ouvrage sur l'origine de la sonde, M. Héricart de Thury, qui a si puissamment contribué à la popularité des puits artésiens, exprime le regret de ne pouvoir donner le tableau de tous ceux qui existent en France. Il en indique néanmoins un grand nombre qu'il range par bassins hydrographiques. Nous résumons, en suivant la même disposition, les renseignements que nous ont fournis les travaux que nous avons faits dans les différents départements, et ceux exécutés par d'autres entrepreneurs, et dont nous avons eu connaissance, ces indications pouvant être d'une grande utilité pour guider dans les forages à faire dans ces mêmes localités, et nous rappellerons ici que nous avons, dans notre quatrième chapitre, traité la question des puits artésiens d'une manière générale, en citant plusieurs exemples qui doivent s'ajouter à ceux que nous allons donner.

SEINE (PL. 42).

Il existe à Paris une multitude de forages artésiens ; les uns, que l'on compte par centaines, ont de 10 à 30 mètres de profondeur, suivant l'altitude de leur situation. Ils consistent en

un tube de bois d'orme ou de chêne qui traverse et isole les premières eaux, dites d'infiltration; après avoir passé une couche de marne ou d'argile, ces puits atteignent un premier étage de la formation tertiaire, l'eau s'y élève généralement à un niveau supérieur à celui des puits ordinaires, est moins chargée de débris organiques et plus abondante. D'autres fournissent en grande quantité les eaux de la rivière, filtrées et à une température à peu près constante de 9° centigrades environ. Il suffit, sur les points jusqu'où se prolongent les alluvions de la Seine, d'en atteindre la base avec la sonde et de les tuber comme les précédents.

Il a été fait encore dans Paris une seconde série de puits fort importante, quoique moins nombreuse que la première. Ces puits, établis en général pour l'usage de grandes industries, telles que les raffineries, lavoirs et bains publics, scieries mécaniques, etc., fournissent journellement un grand volume d'eau, et fonctionnent sans variation depuis leur origine. Il suffit dans certains quartiers, pour obtenir un résultat, de descendre à une profondeur de 40 à 50 mètres, et dans d'autres il faut en atteindre une de 100 mètres et au delà.

Les eaux rencontrées dans l'étage du calcaire grossier, les sables ligniteux, les argiles plastiques ou les fissures de la partie supérieure de la craie, proviennent du soulèvement de la craie à Meudon, mais ne s'élèvent qu'à 2 ou 3 mètres au-dessus de l'étiage de la Seine.

M. Delesse, l'un des ingénieurs des mines de la ville, a dressé tout récemment une carte du sous-sol parisien, qui donne les renseignements les plus complets qu'on puisse désirer sur la profondeur à laquelle on peut rencontrer les divers niveaux d'eau sur tous les points de la ville, son travail s'appuyant sur

les résultats fournis par la plupart des forages faits à Paris.

En traversant toute la craie, on rencontre dans les sables verts une nappe d'eau très-abondante qui s'éleve à 30 mètres au-dessus de l'étiage. C'est de cette nappe que proviennent les eaux du forage de l'abattoir de Grenelle (pl. 46) exécuté par M. Mulot, sur les savantes prévisions de MM. Héricart de Thury et Arago, aux encouragements desquels on doit la connaissance de la profondeur du bassin crayeux à Paris. La ville pourrait trouver dans de semblables travaux un auxiliaire précieux pour son alimentation, et il est regrettable que le travail de Passy, confié à M. Kind, et destiné, il est vrai, surtout aux embellissements du bois de Boulogne, n'ait pas eu jusqu'à ce jour le succès qu'on avait espéré. S'il en avait été autrement, la ville et les compagnies de chemins de fer auraient apprécié sans doute l'importance de travaux leur procurant en abondance une eau à une température de 28° centigrades, et plus pure que toutes celles en usage à Paris. (*Voyez* tome I, page 358.)

De nombreux sondages ont été faits également sur différents points du département pour des communes, des particuliers ou des établissements industriels, notamment à Saint-Denis, Issy et Alfort, où l'on atteint des eaux jaillissantes dans les sables des argiles plastiques.

SEINE-ET-MARNE (PL. 43).

Les eaux souterraines sont abondamment répandues dans les dépôts tertiaires de ce département, indépendamment de celles contenues dans les dépôts fluviatiles récents. On trouve un premier niveau aquifère dans les marnes et calcaires lacustres supérieurs, et un second dans les sables et grès supérieurs dont

le type de formation est, comme on le sait, Fontainebleau, Palaiseau, etc. Ces eaux sont rarement ascendantes, parce qu'elles n'ont pas de bassin hydrographique d'une étendue suffisante; on les voit sortir du flanc des collines sous forme de sources, et on les rencontre dans les excavations ou puits dont on perce les couches qui les contiennent. Un troisième niveau d'eau, se divisant souvent en plusieurs branches, se remarque dans le terrain lacustre inférieur; l'étage des marnes et calcaires meulières supérieur à ce groupe, l'étage gypseux, l'étage calcaire inférieur, renferment également des eaux souvent ascendantes, quelquefois jaillissantes à plusieurs mètres au-dessus du niveau de la Marne ou de la Seine.

Les groupes du calcaire grossier contiennent aussi des couches aquifères que nous appellerons un quatrième niveau d'eau; enfin, les sables inférieurs ou le groupe des argiles plastiques en contiennent un cinquième, le plus important en ce que les jets qu'il produit sont les plus fréquents, et en même temps les plus élevés. Les couches de ce groupe qui forme la partie inférieure du bassin tertiaire constituent des réservoirs plus étendus que ne le sont ceux des couches précédentes.

D'après la carte d'ensemble d'une partie des travaux faits dans la vallée de la Marne, la plus forte ascension que nous ayons obtenue au-dessus du niveau de la mer est celle des eaux provenant des argiles plastiques, dans le forage que nous avons exécuté en 1838 à Reuil, chez madame la marquise de Castellane. C'est le point le plus éloigné de l'embouchure de la Marne que nous ayons exploré, et, comme on le voit, l'ascension diminue au fur et à mesure que l'on descend vers Paris.

Quelques-uns de ces sondages ont été faits pour l'alimenta-

tion des communes, comme une partie de ceux faits à Meaux; mais en général ils ont servi à l'embellissement de propriétés privées, en permettant de créer à peu de frais, sur bien des points de la vallée de la Marne, des rivières artificielles débitant un assez grand volume d'eau, comme à Claye, Anet, Vaires, Brou, etc.

SEINE-ET-OISE (PL. 42).

Ce département a beaucoup d'analogie avec le précédent, sous le rapport de sa constitution géologique et sous celui des bassins hydrographiques qu'y forment les terrains tertiaires. On doit donc s'attendre à y rencontrer fréquemment, à divers étages, plusieurs niveaux aquifères, donnant lieu soit à une ascension, soit à un jet comme à Soisy, Corbeil, Essonne, etc. Aussi avons-nous fait dans ce département un assez grand nombre de sondages, tant pour recherches d'eau que pour celles de plâtres et minières.

OISE ET AISNE.

La constitution géologique de ces départements permet aussi, sur bien des points, d'y rechercher des eaux ascendantes assez abondantes, soit dans la partie inférieure du terrain tertiaire, représentée surtout par les sables du Soissonnais, soit dans les premières fissures de la craie. Cette dernière formation affleure sur beaucoup de points et généralement se trouve à peu de profondeur. On peut y obtenir des eaux pures et intarissables, comme celles que nous avons eues à Beauvais dans la blanchisserie de M. Caron-Motel en 1838, et dans plusieurs maisons particulières, et celles rencontrées en 1822, dans la prison de cette ville, par M. Forbras d'Amiens.

Trois puits sont forés à Tracy-le-Mont près de Compiègne, à une profondeur de 35 à 36 mètres; les eaux qu'ils ont atteintes proviennent non de la craie, mais des sables inférieurs du terrain tertiaire, et sont très-abondantes à 50 ou 60 centimètres au-dessus de la surface du sol.

M. de la Garde fit, en 1814, forer trois puits artésiens par M. Forbras, dans le parc du château de Moustiers, canton de Saint-Just, près de Clermont, à l'endroit où l'Aronde prend sa source. Deux de ces puits ne sont qu'à deux mètres l'un de l'autre, et le troisième en est éloigné de 100 mètres. Ils ont tous les trois 25 à 26 mètres de profondeur, et ont coûté 500 francs chacun. Deux d'entre eux sont aujourd'hui comblés par suite de leur mauvaise exécution, mais le troisième n'a pas offert de variation; il fournit, à 2 mètres du sol, un courant d'eau qui alimente une rivière que M. de la Garde a fait creuser, et qui va ensuite se jeter dans l'Aronde à 2^{m}.60 plus bas. Ces puits ont traversé dans leur percement 6 mètres de terre et de limon, 0^{m}.60 d'argile, 18 à 20 mètres de craie.

En traversant la craie, on obtiendrait de beaux résultats, si l'altitude du point choisi le permettait, mais ce travail n'a pas encore été fait. Nous avions commencé en 1834, pour le compte de la liste civile, un sondage dans le jardin du château de Compiègne. Ce forage, qui eût dû être poussé à 400 mètres au moins pour pouvoir atteindre les sables verts aquifères, a été abandonné à 84^{m}.65 par des motifs qui nous sont inconnus, et il n'a pas été question depuis d'y donner suite.

C'est aux instances et aux pressantes sollicitations de M. Coquerel, ingénieur des mines, que le département de l'Aisne doit les premiers puits qui y ont été forés. MM. Samuel et Joly les ont introduits à Saint-Quentin. Trois puits furent

forés dans cette ville par des sondeurs artésiens; ils ont une profondeur de 20 à 25 mètres dans la craie et montent leurs eaux au-dessus de la surface du sol.

Un grand nombre de puits de Saint-Quentin ne sont autre chose aujourd'hui que des puits artésiens.

HAUTE-MARNE.

Les sondages faits dans ce département l'ont été dans les assises inférieures du calcaire jurassique (étage liasique) dans lesquelles on rencontre, en y pénétrant plus ou moins profondément, divers niveaux qui fournissent des eaux ascendantes intarissables. L'un d'eux fournit à MM. Adam, Huin et Cie, maîtres de forges à Saint-Dizier, l'eau nécessaire à l'alimentation d'une machine de 120 chevaux.

ORNE.

Nous avons fait à Alençon, en 1836, une dizaine de sondages dont les deux plus profonds ont 20 et 24 mètres, et qui ont tous donné des eaux intarissables.

Voici la coupe de l'un d'eux :

Terrain détritique.	— Remblai et terre végétale.	6m	.33
Terrain jurassique.	Calcaire oolithique à grains très-fins. .	0	66
	Arkose. — Grès à pâte siliceuse et calcaire avec feldspath, baryte et galène.	2	84
	Sables quartzeux et terreux. . . .	2	78
	PREMIÈRE NAPPE ASCENDANTE.		
	Arkose. — Grès.	0	40
	Sable siliceux.	0	50
	DEUXIÈME NAPPE.		
	Arkose. — Grès.	4	67
	Marne jaune.	0	15
	Sables calcaires et siliceux, avec mica.	0	50
	TROISIÈME NAPPE.		
Terrain granitique.	— Granit désagrégé.	1	05
		19m	.88

MANCHE.

Un sondage fait en 1832, pour M. Béranger à Orglandes, nous a donné, à 50 mètres, des eaux jaillissantes dans des couches de sables graveleux alternant, avec une régularité constante, avec des couches minces de calcaire compacte et de marne jaune ou verdâtre. (Étage liasique du terrain jurassique.)

CALVADOS.

Un sondage, ouvert à Caen dans le terrain oolithique, nous a donné, à 26 mètres, les eaux nécessaires à l'alimentation d'une machine de 20 chevaux, et dont le niveau constant est à $0^m.40$ en contre-bas du sol.

Quelques autres sondages, faits dans ce département pour la compagnie des mines de Littry, ont donné de bons résultats et permis de développer davantage son exploitation. Le premier forage terminé, nous avons cédé l'outillage à la compagnie, qui a fait elle-même les autres sous la conduite d'un maître mineur formé à ces travaux par notre directeur.

ARDENNES.

Nous avons entrepris dans ce département, à Condé, près Donchery, un sondage pour la recherche de la houille ou du sel gemme, sur les indications données par M. Sauvage, ingénieur des mines, et pour le compte de la Société départementale (pl. 47). Ce travail, arrêté à 387 mètres par suite de la rencontre du terrain ardoisier, a donné à $236^m.41$, au passage du calcaire sableux au calcaire à gryphites (étage liasique), des eaux jaillissantes que nous avons utilisées pen-

dant la suite du travail pour l'alimentation de la machine à vapeur que nous employions comme moteur. A 334^{m}.30 une nouvelle nappe jaillissante a été rencontrée, contenant 3^{gr}.33 de sel par litre.

Un sondage fait précédemment près de Mézières, également pour la recherche de la houille, avait donné à la base du lias une eau limpide s'élevant à 0^{m}.50 au-dessus du sol, ou 4 mètres au-dessus du niveau de la Meuse, et contenant 2$\frac{1}{4}$ pour cent de sel. La présence des sources salées dans le département était un des indices qui avaient conduit M. Sauvage à conseiller le sondage de Donchery.

SOMME.

En recherchant, en 1838, de la houille à Lucheux, pour le compte de la compagnie de Bouquemaison, nous avons rencontré, dans les grès verts du terrain crétacé, des eaux jaillissantes. La coupe géologique (pl. 45) montre la succession des couches traversées dans ce sondage, sur lequel M. Du Souich, ingénieur en chef des mines, a fait, dans son ouvrage sur les terrains du nord de la France, la notice suivante :

« Si l'on considérait isolément les calcaires oolithiques ra-« menés de ce sondage, il serait difficile d'en assigner l'âge « géologique, d'autant plus qu'ils n'ont été ramenés qu'en « grande partie pulvérisés. On pourrait être porté à les con-« sidérer comme appartenant au terrain jurassique; mais « quelques circonstances de gisement pourraient également « conduire à une autre opinion.

« On a rencontré successivement deux assises de calcaire « oolithique; entre elles se trouvent environ 3 mètres de

« marne argileuse et de sables glauconieux avec noyaux,
« comme ceux du tourtia, absolument semblables à ceux tra-
« versés précédemment. La première assise calcaire succédait
« elle-même à des marnes argileuses grises. Il me semble donc
« qu'on peut rattacher ces deux assises de calcaire oolithique à
« la deuxième division du groupe crétacé. Elles en constitue-
« raient la partie inférieure, et l'on aurait ainsi un fait ana-
« logue à ce que présente, dans d'autres localités, le terrain
« qu'on a récemment appelé *néocomien*.

« Si ces roches devaient être rapportées au groupe ooli-
« thique, on ne pourrait guère les regarder que comme cor-
« respondant au *Portland stone*. Les sables de Portland pré-
« sentent, en effet, quelquefois une grande ressemblance avec
« ceux des grès, et ce fait s'observe dans le bas Boulonnais.
« La présence des calcaires oolithiques dont je viens de parler
« est une circonstance fort intéressante sous le rapport géolo-
« gique ; j'en ai parlé en détail dans le but de faire voir
« combien de considérations sont nécessaires pour se former
« une opinion sur les terrains que l'on traverse. »

NORD.

De nombreux sondages ont été faits dans ce département, surtout pour la recherche de la houille, et y ont donné naissance aux concessions importantes qui ont fait une partie de sa richesse. Ces travaux se continuent encore aujourd'hui sur la lisière nord du bassin houiller, et, bien que nous ayons cherché sur notre carte d'ensemble (pl. 54) à en mentionner le plus possible, nous en avons certainement encore omis beaucoup. Quelques-uns de ces forages ont donné des eaux jaillissantes, soit sous la craie, soit, comme à Vred et à Mar-

chiennes (pl. 44), dans les fissures de sa partie supérieure, recouverte par des argiles appartenant au terrain tertiaire.

A Lille (pl. 45) et à Roubaix, nous avons fait quelques sondages pour recherches d'eaux jaillissantes. Nos trois sondages de Lille, à l'Esplanade, à l'Hôpital militaire et à l'Hôpital général, ont donné des résultats satisfaisants. Les nappes proviennent des fissures du calcaire carbonifère, recouvert par une craie compacte et imperméable à sa partie inférieure.

Les puits des nombreuses fabriques de Roubaix avaient, jusqu'en 1856, été alimentés par les eaux du terrain pliocène dont l'épaisseur est de 100 mètres environ; mais, bien qu'on ait approfondi à la sonde une grande partie de ces puits, leur débit était devenu insuffisant, par suite du nombre, toujours croissant, des établissements. Quelques-uns des principaux fabricants prennent aujourd'hui leurs eaux dans les fissures de la partie supérieure du calcaire carbonifère. Les résultats que nous avons obtenus suffisent largement à leurs besoins, et certains d'entre eux peuvent céder même une partie de leurs eaux, et rentrer ainsi dans la dépense, peu importante du reste, que leur ont occasionnée leurs travaux.

PAS-DE-CALAIS (PL. 54).

Ce département, auquel nous devons les premiers puits artésiens, en possède un grand nombre dont les eaux proviennent des parties supérieures de la masse crayeuse. Ils sont employés avec avantage à divers usages, entre autres aux irrigations et à la mise en mouvement de différentes machines. La plus grande partie de ces puits ont été faits par des entrepreneurs du pays, et notamment MM. Kerlin, Vassal, Segard et Gamet. Les sondages pour la recherche de la houille, faits

en si grand nombre depuis dix ans pour la recherche et l'étude du prolongement du bassin houiller du Nord, ont souvent donné des eaux jaillissantes, soit à la partie supérieure de la craie, ou sur les points où elle était recouverte par une épaisseur plus ou moins grande de terrain tertiaire, à la base de cette formation, soit à la base du terrain crétacé. Sur quelques-uns de ces points, notamment à Marles, Lillers, Thérouannes, Divion, Choques, nous avons obtenu des quantités d'eau très-considérables.

SEINE-INFÉRIEURE.

Le manque général de sources ou fontaines et la profondeur des puits de toutes les hautes plaines du département de la Seine-Inférieure, entre Rouen, Fécamp, Saint-Valery, Dieppe, Tréport, Aumale, Gournay, etc., y font vivement sentir la nécessité des puits forés. Il est difficile de déterminer la profondeur à laquelle devraient être poussés les sondages pour obtenir des eaux jaillissantes; car l'épaisseur de la craie varie suivant la hauteur des plaines qui sont au-dessus des bassins et vallées de la Seine et de l'Andelle, de l'Arques, de la Béthune, de l'Eaulne et sur les deux grandes pentes de cette longue crête de terrains élevés qui s'étendent depuis la mer au-dessous du Havre et d'Yvetot, jusqu'à Forges, Gaillefontaine, Aumale et au delà.

De Rouen au Havre, on voit les parties inférieures de la masse de craie, la craie tufau et la craie glauconie. Dans les fouilles du théâtre du Havre, on a reconnu, sous la craie, les argiles et les marnes argilo-calcaires qui précèdent les calcaires coquillers lumachelles. Les vallées de l'Arques, de la Béthune et de l'Eaulne, encaissées dans des côtes crayeuses plu-

ou moins élevées, présentent des sources de fond, souvent très-abondantes, qui remontent du dessous de la craie. Enfin des recherches de houille ont été faites, de 1795 à 1805, entre les communes de Saint-Nicolas, d'Aliermont, de Dampierre et de Meulers, à 15 kilomètres à l'est de Dieppe, au-dessus de la forêt d'Arques : elles ont fait connaître sept grandes nappes d'eau ascendantes très-abondantes.

Les terrains traversés sont :

1° Terre végétale.	1m.624
2° Argiles plastiques, terres lignites, pyrites et sables	24 .363
3° Craie blanche, craie tufau, craie chloritée . .	74 .713
4° Argiles, marnes, lumachelles, marnes pyriteuses.	76 .338
5° Calcaires coquillers spathiques avec calcaires pyriteux, terres noires pyriteuses et sables argileux coquillers.	34 .758
6° Marnes argileuses dures ou calcaires compactes .	15 .592
7° Calcaire spathique, lamelleux et coquiller, alternant avec du calcaire compacte.	24 .363
8° Argiles grises avec couches de calcaire grenu à grains fins, tantôt compacte, tantôt spathique ou coquiller	24 .363
9° Marnes argileuses dures, grises, coquillères, alternant avec des argiles noires, feuilletées, un peu schisteuses.	11 .369
10° Calcaire argileux grenu et calcaire à grains spathiques avec grands fragments de coquilles. .	23 .348
11° Argile et calcaire argileux compacte. . . .	22 .360
	333m.191

1re nappe d'eau	de. . .	25 à 30 mètres.	
2e —	à. . .	100 mètres environ.	
3e —	de. . .	175 à 180 —	

4e nappe d'eau de	. . .	210 à 215 mètres.
5e — à	. . .	250 —
6e — à	. . .	287 —
7e — à	. . .	333m.91

Cette dernière nappe était tellement abondante, qu'en 36 heures tous les travaux de mines furent entièrement inondés. Les machines à vapeur les plus puissantes n'ont pu produire l'abaissement du niveau de ces eaux, et les recherches ont été abandonnées. Ce fait, que nous extrayons de l'ouvrage de M. Héricart de Thury, prouve que, dans les plaines crayeuses de la Seine-Inférieure, de l'Aisne, de l'Eure, de l'Oise, de la Somme, de l'Aube, etc., on peut rationnellement faire des sondages pour recherches d'eaux.

Les puits artésiens d'Elbeuf, exécutés par M. Mulot, donnent des eaux jaillissantes provenant du dessous de la craie.

Nous avons entrepris en 1848 un sondage pour la recherche de la houille à Sotteville près Rouen (pl. 55), pour le compte d'une société départementale. Ce forage commencé presque immédiatement dans les argiles de Kimmeridge, que recouvrent seulement les alluvions de la Seine et quelques lambeaux du terrain crétacé, a été poussé à 320m.37, sans quitter cette formation. Il a rencontré à 254 mètres une source salée très-abondante, d'une température de 25° centigrades, et jaillissant au-dessus du sol. L'analyse, faite par le savant professeur M. Girardin, a donné 15 grammes de matières salines par litre d'eau, dont : sel marin 13gr.50, sulfate de chaux et de magnésie 1gr.50.

Le comité de la société de recherches avait espéré un moment pouvoir céder cette source à la ville pour un établissement de bains destiné à la classe ouvrière de Rouen. Ce projet, dont

l'exécution eût rendu de grands services, n'ayant pas eu de suite, le puits a été complétement rebouché, après l'abandon des travaux de recherches.

A Rouen même, on peut obtenir, par un sondage dans la craie, des eaux abondantes et très-ascendantes, comme le prouve le forage fait en 1831, dans le faubourg Saint-Sever, par M. Flachat.

Sur beaucoup de points, à Sotteville par exemple, on peut, en descendant à la base des alluvions de la Seine, se procurer, à peu de frais et en abondance, toute l'eau nécessaire; nous avons eu les mêmes résultats au Havre pour quelques fabriques de Graville.

EURE ET EURE-ET-LOIR.

On peut, sur beaucoup de points de ces deux départements, obtenir des eaux ascendantes et quelquefois jaillissantes, à peu de profondeur, soit au passage du terrain tertiaire et de la craie, soit dans les premières fissures de la craie elle-même. MM. Beurrier d'Abbeville et M. Mulot ont obtenu ainsi, à Gisors, des eaux jaillissantes par des sondages de quelques mètres seulement. Les mêmes résultats ont été obtenus aux environs de Dreux et de Châteaudun.

LOIRET (PL. 18).

M. Levrier de Lisle fit faire, en 1805, un puits artésien dans sa propriété de Bruges, pour avoir des eaux limpides, et qui n'eussent pas les inconvénients de celles du Loing et du Molasson. Après 5 mètres de terre végétale et d'atterrissements, la sonde a traversé 18 mètres de calcaire marneux, coupé de couches de silex; à la profondeur de 22 mètres, la sonde a

subitement fait jaillir, à $1^m.35$ au-dessus du sol, une eau limpide très-abondante, mais fortement sulfurée.

En 1828, MM. Flachat frères ont entrepris un sondage chez M. Benoît Latour. La sonde a traversé le terrain d'eau douce jusqu'à la profondeur de 34 mètres; là, on a reconnu une nappe qui n'a manifesté aucune ascension.

INDRE-ET-LOIRE.

Nous avons fait, de 1830 à 1837, dix sondages à Tours (pl. 48), et six dans les environs, à une profondeur moyenne de 150 mètres. Un seul, celui de Ferrières-Larçon, placé dans le voisinage de l'affleurement du terrain crétacé, sur le terrain jurassique du Poitou, n'a pas amené de résultat. Celui de Marmoutiers n'a rencontré que des eaux ascendantes dans la craie que le sondage n'a pas dépassée. Tous les autres ont donné des eaux jaillissantes, dont le volume est, pour quelques-uns, de plusieurs mètres cubes. Les eaux sont employées à la salubrité du pays, aux irrigations et aussi comme force motrice (*voy.* tome I, pages 337 et 339, les sondages de la Ville-aux-Dames et de Rochecote, pl. 40 et 48); leur limite d'ascension n'a pas été mesurée pour tous, mais on peut, sans exagérer, la porter au maximum à 40 mètres au-dessus de la Loire.

M. Mulot a également fait à Tours et aux environs un certain nombre de sondages qui ont donné des résultats analogues.

MAINE-ET-LOIRE.

Nous avons été chargés, en 1833, de continuer un forage fait à Saumur (pl. 48) par M. Allot, à qui nous avions vendu une sonde en 1831, et qu'il avait conduit à la profondeur de

100 mètres, à la rencontre des grès verts de la formation crétacée. En approfondissant le sondage d'une dizaine de mètres, nous avons rencontré des eaux qui s'élevèrent à 12^{m}.60 au-dessus de l'étiage de la Loire; mais le sol de la place Saint-Pierre, sur laquelle est le forage, étant à 14^{m}.10 au-dessus du fleuve, les eaux du sondage restent stationnaires à 1^{m}.50 au-dessous du pavé.

Le travail a été abandonné à 136 mètres, sans avoir rencontré une seconde nappe plus ascendante. Le niveau de l'eau permettrait d'établir une borne-fontaine dans une des principales rues de Saumur, située à 3^{m}.20 au-dessous du sol de la place Saint-Pierre. Nous ignorons les motifs qui ont empêché la ville de le faire.

En 1836, nous avons fait pour la ville de Beaufort un sondage (pl. 48) qui a rencontré plusieurs nappes ascendantes, dont le niveau fixe est à 1^{m}.50 en contre-bas du sol. Le forage est fait dans le terrain crétacé et le terrain jurassique schisteux qui renfermait les eaux. La ville a placé au-dessus une pompe, sur laquelle elle a fait élever une colonne de 12 mètres de haut surmontée de la statue de Jeanne de Laval; cette statue en bronze, exécutée par M. Fragonard, est représentée tenant en main l'édit par lequel la princesse donne aux quatorze communes de l'ancien comté de Beaufort les marais qui font aujourd'hui la fortune de cette riche vallée.

SARTHE.

Le sondage que nous avons fait au Mans, en 1831, pour le compte de la ville, a été poussé à 202 mètres sans résultat; les terrains qu'il a traversés appartiennent aux assises inférieures du groupe du terrain crétacé qui, aux environs du Mans et

sur une plus grande étendue vers l'ouest, sont en contact avec les terrains jurassiques. Ce voisinage de la superposition des deux formations est peut-être la cause pour laquelle les couches sableuses du terrain crétacé ne contiennent pas d'eau dans cette localité.

Au château de Luard nous avons rencontré, en 1832, à 10 mètres, dans les assises inférieures du terrain crétacé, des eaux ascendantes qui se sont fixées à 1m.50 en contre-bas du sol.

YONNE.

Le forage que nous avons entrepris, en 1833, chez M. le marquis de Boisgelin, au château de Saint-Fargeau, a traversé 60 mètres de craie et a été continué jusqu'à 203 mètres dans les argiles, les sables et les grès verts inférieurs, dans lesquels on a rencontré deux nappes fortement ascendantes. On pourrait, avec une faible dépense, amener par un tunnel ou une tranchée les eaux du sondage fait sur un point culminant de la propriété, à 20 mètres au-dessus du parc et de la cour du château.

ALLIER ET LOIRE.

On trouve, dans un rapport fait par M. le marquis de Saint-Georges à la Société d'agriculture de Moulins, les détails suivants sur les sondages entrepris dans le département de l'Allier :

« Le premier sondage, fait par l'association du département de l'Allier, a été entrepris dans le jardin de la Pépinière de Moulins ; après avoir traversé des argiles et calcaires lacustres et des argiles vertes et bleues, on a obtenu, à 66 mètres de profondeur, des eaux sulfureuses jaillissantes dont le niveau s'est fixé à 2m.60 au-dessus de la surface du sol.

« Un second sondage a été fait chez M. Descolombiers, au château de Pontlung, à 5 kilomètres de Bourbon-Lancy, sur la route de Cérilly, sur un plateau entouré de tous côtés de vallées peu étendues, mais assez profondes. Toute cette partie du canton de Bourbon jusqu'à Cérilly manque presque généralement d'eau potable. Ce sondage a été suspendu à la profondeur de 90 mètres, après avoir traversé des argiles rouges et bleues, sans autre couche ; j'ignore s'il a été repris.

« M. le comte de Ballore a fait faire en 1828, à la Cour, entre Moulins et Saint-Pourçain, un sondage par M. Gamet. Le jardin du château où ce puits a été foré est au pied d'une côte très-élevée, entièrement plantée de vignes, dans lesquelles on trouve quelques faibles sources naturelles, communément à sec pendant l'été. La Sioule, qui passe à 20 mètres au-dessous du jardin, se jette dans l'Allier à 1 kilomètre de distance environ. A 29 mètres de profondeur, sous des marnes calcaires grises, bleues et verdâtres, une première nappe a jailli à la surface du sol. En continuant le percement dans les mêmes couches, on a rencontré une seconde nappe à $46^{m}.28$ qui a jailli à $1^{m}.29$ au-dessus du sol. Ce résultat ayant complétement satisfait le propriétaire, les travaux ont été arrêtés à cette profondeur.

« M. de Ballore a fait forer ensuite d'autres puits artésiens qui ont présenté des résultats analogues. »

De 1844 à 1846 nous avons fait à Vichy, Cusset et Roanne plusieurs puits donnant des eaux minérales ou douces et toutes jaillissantes au-dessus du sol.

HAUTE-SAONE.

Nous avons fait, en 1832, un sondage à Luxeuil, sur la place de la mairie et pour le compte de la ville. Ce puits, ar-

rêté à 102 mètres, a rencontré, à la base des grès rouges, des eaux qui se sont élevées à 6m.20 au-dessus de celles des puits ordinaires, mais se tiennent à 7m.30 en contre-bas du sol. La place de la mairie étant à 20 mètres environ au-dessus de la vallée, les eaux auraient jailli de beaucoup au-dessus du sol si le sondage avait été entrepris en un point de cette dernière.

Pendant notre séjour dans cette ville, nous avons conseillé de dégorger à la sonde les sources thermales qui alimentent les bains; ce travail a presque doublé leur volume, sans rien leur ôter de leurs qualités primitives.

SAONE-ET-LOIRE.

Nous avons fait, en 1843, trois sondages pour le compte de la ville de Châlon-sur-Saône et pour recherches d'eaux jaillissantes. Les eaux ont été rencontrées entre 40 et 50 mètres sur les trois points, selon les inégalités du sol et l'allure irrégulière des couches souterraines.

En 1853 nous avons fait un quatrième sondage, pour le compte de la ville, dans le but d'obtenir, par un tube à grande section, dans les alluvions de la Saône, des eaux abondantes destinées à l'alimentation de la ville.

VAR ET HÉRAULT.

On a trouvé, en faisant des recherches de terrains houillers dans le département du Var, des eaux qui se sont élevées avec impétuosité dans les puits de mines. Guidées par une colonne de tuyaux, ces eaux eussent peut-être jailli au-dessus du sol.

Un puits foré de 38m.85, dit M. Héricart de Thury, fait en 1819 dans les environs de Montpellier, assure le succès de ceux qui y seront tentés à l'avenir, puisqu'il a été creusé

sur un point très-élevé au-dessus de cette ville. Après 5^{m}.30 de sables, la sonde a traversé 5^{m}.60 de calcaire, recouvrant 21^{m}.60 de schistes argileux, compactes et homogènes, au-dessous desquels on a reconnu des schistes grenus jusqu'à la profondeur de 36^{m}.20 ; la sonde est entrée ensuite dans un banc de grès pourri ou de sable argileux, de 2^{m}.65, d'où les eaux ont jailli et remonté jusqu'à 34^{m}.65 de hauteur, ou 4^{m}.20 au-dessous de la surface du sol.

Les superpositions de terrain que présentent les environs de Montpellier ne laissent aucun doute sur le succès que l'on y obtiendra dans le percement des puits forés. Dans quelques endroits, sous la terre végétale, on trouve une formation lacustre d'une épaisseur très-variable, qui est tantôt sur les schistes argileux, tantôt sur le calcaire ammonéen, et quelquefois sur le calcaire grossier à cérites. Le calcaire lacustre, qui contient de nombreuses coquilles d'eau douce avec des feuilles de végétaux, a, dans quelques endroits, plus de 100 mètres d'épaisseur.

PYRÉNÉES-ORIENTALES.

MM. Fauvel et Durand ont exécuté un grand nombre de sondages aux environs de Perpignan ; des sources nombreuses et abondantes qu'ils ont amenées au-dessus du sol sont employées aux irrigations. M. Arago a rendu compte, dans le temps, du beau résultat obtenu en vingt-trois jours de travail par M. Fauvel, sur la place Saint-Dominique, à Perpignan.

MOSELLE.

La délimitation de nos frontières, en 1815, a donné presque immédiatement lieu à des travaux de recherches de houille pour

reconnaître le prolongement, en France, du bassin houiller de la Sarre, que les traités venaient de nous enlever. Mais ces travaux, qui n'ont donné lieu dans le principe qu'à la concession de Schœneken, à l'extrême frontière, n'ont été entrepris sur une grande échelle que depuis 1850, à la suite des études faites, de 1848 à 1850, par M. Jacquot, ingénieur des mines, et publiées en 1853. Plus de trente sondages, exécutés depuis cette époque, en nombre égal, par MM. Mulot, Kind et nous, à des profondeurs de 4 à 500 mètres, ont donné naissance à dix nouvelles concessions, les unes accordées, les autres en demande, et dont l'exploitation nous affranchira un jour du tribut de plus en plus important que nous payons à la Prusse.

Dans presque tous ces forages, des eaux abondantes ont été rencontrées dans les fissures du grès vosgien supérieur au terrain houiller. Ces eaux, qui constituent de véritables niveaux et rendent fort coûteux l'établissement des puits d'exploitation, ont jailli sur beaucoup de points, entre autres à Ham (pl. 55), L'Hopital (pl. 49), Fremyng, Merten, Merlebach.

BAS-RHIN.

Nous avons entrepris, en 1837, un sondage pour le compte de la ville de Haguenau. Les terrains traversés ont été : 1° 24 mètres d'argiles marneuses et sablonneuses que l'on rapporte au terrain tertiaire, mais qui pourraient bien être aussi des alluvions du Rhin ; 2° 266 mètres d'argiles bleues et vertes et de grès, contenant des grès siliceux et des sables fins à la partie inférieure. A 265 mètres, on a rencontré une source minérale jaillissante, que la ville n'a pas voulu mettre à profit.

De nombreux sondages ont été faits vers la même époque

dans le département, pour recherches de lignites, asphaltes et huile de pétrole. Deux d'entre eux, exécutés à Schwabweiller, ont donné des eaux coulant au-dessus du sol et contenant de l'huile dans de riches proportions ; à la suite de cette découverte, une ordonnance royale a accordé la concession. La profondeur des sondages faits sur ce dernier point a varié de 25 à 75 mètres.

Dans beaucoup d'autres départements, tels que ceux de Saône-et-Loire, de la Nièvre, de l'Aveyron, de la Meurthe, du Doubs, du Jura, etc., on a fait aussi de nombreux sondages, surtout dans ces dernières années ; mais comme ils avaient pour but de rechercher le sel ou la houille, et n'ont pas fourni d'eau ascendante ou jaillissante qui mérite d'être signalée, nous n'avons pas à les mentionner ici.

PAYS ÉTRANGERS.

ANGLETERRE.

Il existe à Londres, dans les terrains tertiaires et la partie supérieure de la craie, un assez grand nombre de sondages qui donnent des eaux ascendantes et quelquefois jaillissantes. Telles sont celles qui alimentent les fontaines de la place Trafalgar ; mais le volume d'eau de ces puits est devenu insuffisant depuis longtemps, par suite des nombreux sondages qui ont été faits. La configuration du bassin de Londres, qui semblait mieux encore que celui de Paris se prêter à des recherches d'eau sous la craie avec de grandes chances de succès, avait déterminé, en 1853, la compagnie des eaux de Hampstead à nous charger de la continuation d'un puits de 144 mètres ouvert sur la concession, à Kentish-Town, près de Londres

(pl. 50). Le sondage a été poussé à $396^{m}.60$ sans avoir donné de résultat, et arrêté à cette profondeur par suite de la cession du privilége à une compagnie voisine, disposant déjà d'un volume d'eau plus que suffisant pour le service des deux concessions. La formation des sables et grès verts sous la craie n'a été, contre toute attente, représentée que par quelques mètres de sables argileux ne renfermant pas d'eau, et le forage s'est continué dans des alternances d'argiles, marnes et grès rouges, sur la nature desquels les géologues n'ont pu s'accorder.

BELGIQUE.

De nombreux sondages ont été faits dans les divers bassins houillers de ce pays, soit sur les concessions actuelles, soit pour rechercher, en dehors, le prolongement du terrain houiller sous les terrains supérieurs, et ces travaux se continuent encore aujourd'hui aux environs de Mons (pl. 50 et 54) et de Liége. Comme dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, avec lesquels les terrains du pays de Mons ont une grande analogie, on a rencontré sur bien des points des eaux jaillissantes ou ascendantes dans les terrains tertiaires, à la partie supérieure de la craie, ou à la base de cette dernière formation. Nous avons eu notamment des eaux jaillissantes dans quelques sondages exécutés aux environs de Saint-Ghislain pour la Cie d'Hornu, et à Harchies pour la Cie de Bernissart.

HESSE.

Nous avons fait, pour les bains, sept sondages dans la vallée de Hombourg (pl. 41). Ils ont eu pour résultat la découverte

de quatre sources thermales, les plus importantes de l'établissement.

L'état qui suit fait connaître les qualités et la composition de chacune de ces sources, si différentes entre elles :

Années.		Pieds.	Pouces.	
1841	1 Sthall-Brunnen,	206	9	Eau ferrugineuse.
1841-1842	2 Kaiser-Brunnen,	384	10	Eau sulfureuse.
1842	3 Puits d'eau douce,	19	6	Eau douce.
1842	4 Prairie verte,	281	»	—
1843	5 Ludwigs-Brunnen,	133	»	Eau saumâtre.
1843	6 Trou salé,	261	»	—
1843	7 Prairie du prince,	181	10	—
		1,467	»	

ou environ 448 mètres.

Depuis, M. Kind a exécuté un sondage de 500 mètres et a obtenu des eaux thermales jaillissantes.

AUTRICHE.

A Guntransdorf, près Vienne, nous avons fait en 1840, pour MM. Feast et Braisach, un sondage de 110m.40 de profondeur, dans des terrains représentés par le groupe des sables inférieurs et des argiles plastiques du bassin de Paris; il a rencontré deux nappes ascendantes, l'une à 45 mètres, l'autre à 51 mètres, dont le niveau est fixé à 2m.30 en contre-bas du sol.

RUSSIE MÉRIDIONALE.

L'un des sondages que nous avons exécutés en 1838, à Roubejnoï (pl. 47), près Oust-Bistrivanskaïa-Stanitva (pays cosaque) pour recherche de houille, au compte de M. Demidoff,

présente un exemple d'eau jaillissante dans le calcaire carbonifère. De 68 à 74 mètres, des eaux abondantes, provenant d'une couche de schistes avec rognons de fer carbonaté, se sont élevées à 2 mètres au-dessus du sol. Le Cosaque dans le champ duquel a été fait ce sondage en utilise les eaux pour l'arrosage de son jardin, et les perd dans le petit Don, qui coule non loin de là.

Les forages pour lesquels nous avons traité l'an dernier avec la Grande Société des chemins de fer russes, et qu'elle fait exécuter dans la partie méridionale de son vaste réseau, pour la recherche de la houille, dans le bassin du Donetz et son prolongement probable sous des terrains supérieurs, donneront aussi, sans doute, quelques renseignements intéressants pour la recherche d'eaux artésiennes dans cette partie de la Russie.

ITALIE.

NAPLES (PL. 50).

La municipalité de cette ville nous a chargés de l'exécution des deux sondages faits, l'un dans le jardin du Palais du Roi, l'autre sur la place de la Villa Reale, et qui tous deux ont donné des eaux jaillissantes au-dessus du sol. Le sondage du Palais, entrepris dans le jardin formant terrasse à 20 mètres au-dessus du niveau de la mer, a atteint 465 mètres de profondeur; il a traversé 224^{m}.50 de terrain volcanique représenté par le tuf, des sables, ponces, argiles sableuses et cailloux trachytiques, puis 98^{m}.50 de terrain subapennin, marnes, sables et marnes très-coquillères, dans lequel une nappe ascendante a été trouvée à 265 mètres, dans les sables dont l'épaisseur est de 25^{m}.58. Elle s'est élevée primitivement à

8^{m}.50 au-dessus du niveau de la mer. Le forage a été continué ensuite, jusqu'à la fin, dans le macigno, représenté par des grès friables, des sables et argiles marneuses, renfermant une seconde nappe douée d'une plus grande force ascensionnelle, et très-chargée d'acide carbonique. Le niveau de l'eau s'est élevé au fur et à mesure du dégagement de la nappe, et aujourd'hui elle forme une jolie fontaine au milieu du jardin du Palais. Le volume de l'eau s'est également accru successivement. Le forage donne, dans l'excavation, près de 2 mètres cubes à la minute et pourrait, par le canal souterrain qu'on a établi depuis, alimenter l'arsenal et une partie des quartiers bas de la ville. Le sondage de la place Vittoria, à la Villa Reale, a 281^{m}.50 et forme une belle fontaine à 2^{m}.50 au-dessus du sol.

Ces résultats, qui confirment les prévisions de M. Cangiano, ingénieur de la ville, et la théorie qu'il soutenait dans son ouvrage, publié en 1843, sur les eaux potables de la ville de Naples et les moyens de les augmenter, sont consignés dans une notice présentée en mai 1858 par M. Sainte-Claire Deville à l'Institut, publiée dans le bulletin de l'Académie, et donnant en détail la marche des travaux.

Depuis la réussite de ces sondages, on a songé à en établir de nouveaux pour l'alimentation de la ville, soit à Naples même, soit sur le parcours du canal Carmignano qui lui fournit ses eaux, et à en faire aussi dans la Pouille pour l'assainissement de la contrée.

Ces projets, conçus par le dernier roi, sont aujourd'hui à l'étude.

VENISE (PL. 52).

Cette ville n'était alimentée jusqu'en 1844 que par l'eau apportée, par des barques, du canal de la Seriole (dérivation de la Brenta), et par les eaux de pluie recueillies dans des citernes publiques ou privées d'une excellente construction. Différents essais de sondage y ont été entrepris à plusieurs époques, mais n'avaient pu aboutir lorsque nous avons traité, à cette époque, avec la municipalité. La planche 52 donne la coupe des différents sondages que nous avons exécutés, et qui fournissent journellement 1656 mètres cubes d'une eau douce et très-propre à l'alimentation publique [1].

Quelques sondages ont été faits aussi sur différents autres points de l'Italie, à Bologne, Modène, par exemple. Cette industrie est connue depuis longtemps dans cette dernière ville, qui porte dans ses armoiries deux tarières de fontainiers, et dont le sol se prête très-bien à la réussite de semblables travaux.

ÉGYPTE.

Nous venons de commencer pour S. A. le vice-roi d'Égypte un sondage à son palais de Mariout sur les bords du lac Mariotis. Il y a tout lieu de penser que ce forage donnera de bons résultats. Un semblable travail a été fait, il y a quelques an-

[1] Parmi ces sondages quelques-uns nous ont donné des nappes tellement gazeuses qu'elles s'échappaient du sol à l'état de véritables éruptions boueuses, puis disparaissaient complétement. A la Madonna dell' Orto le jet de gaz et de boue s'éleva à 14 mètres au-dessus de l'orifice du trou de sonde. — Nos efforts pour capter ces nappes et les amener à un écoulement constant sont restés infructueux.

nées, par M. Nœttinger, l'un de nos directeurs chargé des sondages que Méhémet-Ali a fait faire, dans la haute Égypte, pour la recherche de la houille, et qui ont donné des résultats satisfaisants. Des eaux jaillissantes avaient été trouvées à peu de profondeur dans les alluvions du Nil. Mais le puits n'ayant pas été tubé s'est rebouché, et elles ont cessé de couler.

ALGÉRIE.

Des essais de sondages ont été faits, il y a plusieurs années, sur différents points. Mais ce n'est qu'en 1856 qu'ils ont été accomplis dans de bonnes conditions, et aujourd'hui le succès a justifié toutes les prévisions. Chargés de la direction des travaux de forage de la province de Constantine, dus à l'initiative de M. le général Desvaux et aux encouragements de M. le maréchal Randon, nous avons déjà exécuté dans le Sahara de cette province un grand nombre de sondages, qui presque tous ont donné des eaux jaillissantes très-abondantes. La planche 53 donne la coupe de quelques-uns de ceux faits jusqu'à la fin de la campagne 1858-1859. On trouvera dans les documents officiels et dans les bulletins de la Société géologique et de celle des ingénieurs civils, un compte rendu complet de ces travaux et des conditions géologiques dans lesquelles ils s'exécutent.

Voici, du reste, d'après la *Revue algérienne et coloniale* du mois de novembre 1860, un résumé des résultats obtenus :

« Le nombre des puits creusés jusqu'à ce jour dans l'Oued-Rir' et dans le Hodna est de 31, donnant un débit de 33,131 litres d'eau par minute; les puits creusés dans le district de Tougourt sont au nombre de 19, donnant un débit de

2,790 litres d'eau par minute. C'est donc pour les 50 puits de la province de Constantine un débit total de 36,421 litres d'eau par minute, et par 24 heures de 54,446,249 litres.

« Tous ces sondages ont été exécutés avec trois équipages de sonde seulement. La profondeur moyenne des puits de l'Oued-Rir' et du Hodna est de 89m.55, et celle des puits du Tougourt de 56m.19. Le débit moyen des 31 puits du premier de ces districts est de 1,083 litres 87 centilitres par minute; le débit moyen des 19 puits du second district est de 146 litres 84 centilitres par minute.

« Les dépenses résultant de ces travaux se sont élevées en quatre ans (1857, 1858, 1859, 1860) à la somme de 262,676 fr. 84 c., de laquelle il y a lieu de déduire la valeur du matériel de sonde, soit 120,000 fr.; il reste donc une dépense totale de 142,676 fr. pour les travaux de sondage, soit pour chacun des 50 puits une moyenne de 2,853 fr. 52 c. »

Les tuyaux de tôle qui ont été employés comme colonne de retenue pendant l'exécution de ces forages servent provisoirement de colonne d'ascension à ces puits; on se propose de leur substituer plus tard des tuyaux de cuivre rouge.

Un sondage a aussi été commencé par M. Kind, au mois d'octobre 1859, à Chabounia (province d'Alger) et n'a pas donné, jusqu'alors, de résultats.

ESPAGNE.

Un de nos équipages de sonde, qui a servi à découvrir la houille à Villanueva-del-Rio, aux environs de Séville, a été cédé par M. Zulueta, promoteur de ces travaux, à la municipalité de Cadix, qui fit faire un sondage sur l'une

des places de la ville, pour recherche d'eaux jaillissantes. Ce sondage ayant atteint la profondeur de 150 mètres sans résultat, nous fûmes appelés pour examiner s'il y avait lieu de continuer cette recherche, auquel cas nous devions prendre la direction du travail devenu un peu trop difficile pour les contre-maîtres indigènes, formés par un de nos directeurs pendant le cours des travaux de Villanueva-del-Rio. Après examen de la localité et des environs, nous dûmes engager la ville de Cadix à ne pas continuer des essais que tout indiquait comme devant être infructueux. La mauvaise disposition du sol de Cadix n'exclut pourtant pas la possibilité d'obtenir des eaux jaillissantes en d'autres points du vaste bassin tertiaire qui forme un triangle allongé, dont le sommet se trouve à Andujar et la base sur les côtes de l'Océan.

Un essai de sondage a été fait aussi à Madrid, mais n'a donné aucun résultat. Au reste, tout porte à croire que le bassin, ou plutôt le vaste plateau tertiaire sur lequel est situé Madrid, est peu propre à la réussite du projet que l'on tentait, et il est probable que la sonde, en parvenant à la base des terrains tertiaires qui peuvent avoir une grande épaisseur, ne rencontrerait pas des eaux douées d'une force ascensionnelle suffisante pour arriver à la surface. Une grande coupure du Tage, près Tolède, semble s'opposer radicalement au succès de cette entreprise.

En 1858, nous avons été chargés d'explorer la ligne du chemin de fer de Madrid à Alicante pour reconnaître s'il était possible d'obtenir, à l'aide de sondages, des eaux abondantes et de meilleure qualité que celles que l'on avait, sur certains points de la ligne, pour l'alimentation des machines. Le

premier sondage que nous avons fait à la gare d'Albacète a rencontré, à 87 mètres de profondeur, une source jaillissante, qui donne au sol environ 100 litres par minute d'une eau très-bonne pour le service des locomotives. Nous avons proposé deux autres sondages, l'un à Zancara et l'autre à Alcasar.

GRÈCE.

Nous avons été chargés, en 1857, d'étudier la constitution géologique des environs d'Athènes au point de vue de l'obtention des eaux artésiennes. Deux forages avaient déjà été tentés par la méthode allemande : l'un, près du Pyrée, n'avait pas dépassé 80 mètres; l'autre, à la ferme de la Reine, avait atteint 120 mètres, et tous deux étaient restés dans les terrains tertiaires. Le problème, pour cette partie de l'Attique, était des plus difficiles à résoudre; la théorie rencontrait les plus grands embarras, et nous avons dû déclarer, dans notre rapport à la reine, que nous ne saurions, sur cette question, être trop circonspects, ni apporter une réserve trop grande dans nos appréciations sur l'avenir de nouvelles tentatives, les accidents visibles que présentent les terrains à la surface nous intimidant sur la fixation plus ou moins probable de leur allure sous le sol.

Malgré ces restrictions, Sa Majesté ordonna qu'un sondage fût exécuté à la Ferme royale près Athènes. Ce travail a été poussé jusqu'à 247 mètres, dans des alternances d'argiles et de calcaires tertiaires, et arrêté dans les calcaires à hippurites métamorphisés. On n'a rencontré que des eaux ascendantes, dont le niveau s'est fixé à 4 mètres au-dessous du sol.

Ce résultat, bien qu'imparfait, est d'une grande importance

pour le pays, qui a acquis la certitude que son sol ne renferme pas d'eaux souterraines en assez grande abondance pour être recherchées fructueusement et produire des puits jaillissants. L'eau qui doit rendre la fertilité aux vallées si célèbres autrefois de la Céphise et de l'Ilissus ne peut y être amenée que par la réparation et la reconstruction des anciens aqueducs. L'échec des puits artésiens fait espérer que le gouvernement, qui fait les plus louables efforts pour ramener ce beau pays à son antique splendeur, entreprendra bientôt ce travail si digne d'intérêt.

APPENDICE

I

Ce serait se faire une fausse idée des sondages de penser que tous les outils et appareils décrits dans le cours de cet ouvrage font partie indispensable du matériel du sondeur. Il suffit seulement de quelques-uns de ces instruments bien choisis pour mener à bonne fin des travaux de ce genre. Certains outils exceptionnels ne sont que d'un usage rare, ou s'appliquent à des terrains spéciaux.

Comme cet ouvrage est destiné aux personnes qui veulent pratiquer par elles-mêmes des sondages; que ces personnes sont, le plus souvent, éloignées des renseignements qu'offrent en France et en Belgique, par exemple, les nombreux travaux de cette industrie qui y est presque toujours en activité sur quelques points, nous avons dû donner le plus de modèles possibles de tout ce qui avait été fait.

Lorsque la nature des terrains à perforer est à peu près connue, on peut facilement déterminer les séries d'outils qui seront nécessaires pour les traverser. Ainsi, si l'on suppose que la roche à attaquer est éminemment solide, c'est-à-dire formée de couches se tenant par elles-mêmes sans le secours de tubages fréquents, deux trépans et une soupape à clapet pour chaque diamètre composeront tout l'ensemble des outils foreurs proprement dits. Une longueur de tiges proportionnée à la profondeur à atteindre, et deux outils raccrocheurs, caracole et cloche à vis pour la réparation des accidents, compléteront le nécessaire. On fera mouvoir ces instruments au moyen de l'un des treuils destinés à cet usage soit à bras d'hommes, soit par une machine à vapeur, un manége, etc.

Si au contraire le sol à traverser est mou, argileux ou sableux, il faudra nécessairement avoir recours aux instruments propres à cette

nature de terrains; les trépans deviennent accessoires; les principaux outils seront, avec la longueur de tiges nécessaire, des tarières ouvertes et rubannées, des soupapes à clapets ou à boulets avec ou sans appendices de langues ou de trépans, la caracole, la cloche à vis, et les colonnes de tubes qui devront être successivement employées, avec un système de vis de pression propre à faire pénétrer aussi profondément que possible chacune de ces dernières, afin de diminuer, autant que cela se pourra, leur nombre, et par suite d'éviter les réductions successives de diamètres. Pour ce motif, on sera également obligé d'avoir les outils élargisseurs propres à dégager la base des tubes et faciliter leur pénétration dans le forage. Le plus souvent on a à traverser des terrains alternativement solides et fluides, c'est le cas le plus défavorable, et les deux séries d'outils deviennent indispensables. Enfin, on est obligé d'avoir recours aux grands systèmes de sonde avec coulisse à chute libre, pour la percussion, lorsqu'il s'agit d'atteindre des profondeurs assez grandes, surtout lorsque le terrain est résistant.

Quiconque veut se procurer un matériel de sondage sans courir la chance de s'encombrer d'outils inutiles et coûteux doit donc tout d'abord étudier, aussi bien que possible, le terrain à traverser, de manière à fixer convenablement les idées de la personne qui sera chargée de lui fournir son outillage. Nous insistons particulièrement sur ce point, parce que tous les jours nous nous trouvons en face de demandes qui nous embarrassent, et auxquelles il nous est impossible de répondre d'une manière satisfaisante. Ainsi, on nous demande souvent la composition et le prix d'un matériel de sondage pouvant pénétrer, par exemple, à 150 mètres, sans indications même vagues du sol à perforer, et même du diamètre que l'on veut adopter. Or, une sonde de 150 mètres qui n'aurait à traverser que la craie peut n'être composée que de quelques mètres de tubes pour maintenir le sol de la surface, d'un nombre de tiges formant la longueur voulue pour la profondeur à atteindre, et de quelques outils de 0m.15 de diamètre, avec les engins de manœuvre. Nous pourrions répondre qu'un tel équipage de sonde peut être fourni pour 8 à 10,000 francs. Mais s'il en est autrement, que le sondage à pratiquer ait à traverser plusieurs couches calcaires séparées entre elles par des sables ou des argiles ne se tenant pas, il est évident qu'un certain nombre de tubages successifs pourront être nécessaires, et qu'il faudra, pour mener ce travail à bonne fin, en conservant un diamètre final de 0m.15, commencer à 0m.25 ou 0m.30, et

par conséquent avoir tous les outils et tubages de ces diamètres intermédiaires. Le prix d'un semblable matériel pourrait alors s'élever à 15 ou 20,000 francs.

En allant au Sahara oriental examiner par nous-mêmes la nature du terrain que l'on se proposait de traverser, nous avons pu composer un équipage de sonde où tout était prévu, sans cependant embarrasser par des outils inutiles l'opération des transports, si difficiles dans ces contrées.

Le gouvernement hollandais, en nous demandant des sondes pour ses possessions des Indes orientales, ayant des doutes sur la nature des terrains que ces instruments pourraient avoir à attaquer, a dû, pour parer à toutes les éventualités, prendre des appareils aussi complets que possible, bien convaincu qu'il valait mieux, à cette énorme distance, avoir quelques instruments superflus, que de manquer d'un seul nécessaire. Quelque coûteuse que paraisse cette prudence, elle est généralement une économie bien entendue, parce qu'un succès qui entraîne même à des dépenses exagérées est toujours moins onéreux qu'une tentative infructueuse, si bon marché qu'elle soit.

Cette industrie des sondages, si développée aujourd'hui en France, en Belgique, en Allemagne, tend de jour en jour à se propager, non-seulement en Europe, mais sur tous les points du globe. Nous en avons la preuve par les nombreux travaux demandés depuis quelques années, et par la grande quantité d'équipages, plus ou moins considérables, que nous expédions au loin. On comprend donc combien il est intéressant que cette industrie soit mise autant que possible à l'abri d'insuccès qui n'auraient d'autre cause qu'une mauvaise organisation matérielle. Un échec, justifié ou non, a une influence pernicieuse sur l'avenir et les développements d'un art que le vulgaire est presque toujours disposé à regarder comme chimérique. Dans un pays neuf, le novateur des sondages, quelque intelligent qu'il soit, doit s'attendre inévitablement à tous les sarcasmes que l'ignorance incrédule prodigue si libéralement.

Parmi les contrées qui semblent, depuis une vingtaine d'années, se préoccuper des avantages que procure cet art, on peut citer l'Amérique du Nord. On est étonné cependant que ce pays, tellement progressif qu'il paraît souvent aventureux, n'ait pas encore poussé plus vigoureusement cette industrie, et que des entreprises plus ou moins gigantesques n'aient point encore été tentées. On doit en chercher sans doute la raison dans le grand nombre d'insuccès des premiers essais. On ne

s'improvise pas sondeur, et le peu que nous connaissons sur ce sujet par les publications assez rares qui nous sont parvenues nous indique clairement que les esprits entreprenants n'ont pas manqué; mais ces écrits renferment tant d'erreurs ou d'appréciations mal fondées et peu sûres, que nous avons lieu de douter que le savoir réel ait été à la hauteur des tentatives exécutées.

Néanmoins, un certain nombre de puits ont été exécutés aux États-Unis; on en cite à Philadelphie, à Baltimore, à Haper, à New-Hope, au Texas, mais sans renseignements précis sur les résultats obtenus. Un puits foré à Albany, dans la brasserie de MM. Bord et Collok, après avoir traversé quelques pieds de gravier et de terre argileuse, aurait atteint des schistes ardoisiers qui, à une profondeur de 94 mètres (282 pieds), seraient passés à l'état de grès schisteux, dans lesquels une nappe d'eau jaillissante aurait surgi, s'élevant à 1 mèt. 30 (4 pieds) au-dessus du sol. (Ce résultat est assez rare dans la formation géologique désignée.) Un autre forage dans l'État de New-Jersey donne issue à une source jaillissante rencontrée à 55 mètres (165 pieds); elle s'élève à 1 mèt. 16 (3 pieds 6 pouces) au-dessus de la surface du sol. Le sondage de Charleston (Caroline du Sud) a traversé 100 mètres de la période tertiaire inférieure. On avait proposé de pratiquer des sondages à Brooklyn, près New-York, dans les terrains quaternaires, sans doute très-puissants, de cette localité. Il est probable que les vastes dépôts tertiaires et quaternaires des États-Unis doivent renfermer de grandes richesses aquifères.

En ce qui concerne l'Amérique du Sud, les tentatives semblent avoir été jusqu'ici très-isolées. Nous sommes entrés dernièrement en relation sérieuse sur ce sujet avec deux ingénieurs, l'un M. Cassapi de Rio-Grande du Sud, et l'autre M. Sourdeaux de Buénos-Ayres (Plata).

L'un et l'autre, après des essais qui eurent pour résultat de leur prouver que les grands dépôts quaternaires, qui occupent également de vastes superficies dans ces contrées, étaient susceptibles de renfermer des sources artésiennes [1], reconnurent bien vite l'insuffisance de

[1] Les provinces de Corrientes, d'Entre-Rios, de l'Uruguay, de la Plata et de la Patagonie jusqu'à la Terre-de-Feu présentent des dépôts tertiaires fort étendus et recouverts en partie, surtout vers l'Atlantique, par la formation des pampas. Ces plaines, qui occupent les rives des grands cours d'eau, sont soulevées jusqu'à de grandes hauteurs et présentent ainsi des chances favorables à l'obtention d'eaux jaillissantes dans les vallées. Un fait remarquable et qui

leurs moyens. Leur entreprise, bien conçue et dirigée avec cette sagacité et cette persévérance qui distinguent ordinairement les promoteurs d'un art nouveau, n'était ni secondée par une connaissance approfondie de cette industrie, ni par cette pratique si essentielle au sondeur.

Aussi, lorsqu'il s'agit d'entreprendre des travaux de sondages dans des contrées lointaines où cette industrie est jusque-là complétement inconnue, nous ne craignons pas de conseiller, comme nous l'avons fait à M. Sourdeaux, d'entreprendre le voyage en France, quelque long et pénible qu'il soit. Ce n'est pas en lui donnant, par correspondance, nos appréciations, nos idées, nos conseils, ce n'est pas non plus par le secours seul de cet ouvrage, bien que nous ayons cherché à le rendre aussi clair que possible, que l'ingénieur acquerra la confiance et la force nécessaires pour lutter contre les influences matérielles et morales qui surgissent devant toute innovation. En un mois ou deux employés à visiter nos travaux en France et en Belgique, MM. Cassapi et Sourdeaux ont acquis ou complété une expérience que plusieurs années d'un travail pénible chez eux ne leur eût point donnée. Les lettres, les livres, les dessins laissent toujours entrevoir des difficultés d'installation ou de manœuvre qui tombent à la première vue du travail en pleine exécution; de plus, la nomenclature des instruments qui, dans un traité comme celui-ci, doit être longue pour être complète, devient embarrassante lorsqu'il s'agit de faire choix d'un outillage convenable. Aussi sommes-nous persuadés que ces deux ingénieurs ne regretteront pas, lorsqu'ils seront sérieusement à l'œuvre, le temps et l'argent employés à ce long voyage, qui les a mis à même d'établir des comparaisons entre les différents systèmes en ce moment en activité, et de se faire ainsi une idée nette de ceux qu'ils ne connaissent au loin que par des comptes rendus plus ou moins clairs et fidèles.

Après examen ils ont pu préciser et prévoir tout ce que devait renfer-

appuie cette opinion nous est signalé par M. Sourdeaux pour les environs de Buénos-Ayres. A peu de profondeur, cet ingénieur, dans le premier essai de sondage qu'il a fait, et qu'il n'a poussé qu'à 25 mètres, a rencontré des eaux fortement ascendantes. Les échantillons qu'il nous a remis de ce travail présentent dans leur disposition géologique une analogie très-grande avec les terrains traversés par la sonde au Sahara oriental et à Venise; ce sont les mêmes alternances sableuses et argileuses. Le fait d'ascension d'eau dans une de ces couches supérieures est, dans ces terrains, le précurseur habituel de nappes artésiennes qui, devenant plus ascendantes à chaque alternance, finissent par être jaillissantes.

mer le matériel qu'ils nous chargeaient de leur construire, les modifications que sa mise en œuvre dans leur pays exigeait. Cette visite sur les travaux a encore un énorme avantage : elle familiarise celui qui la fait avec cet ordre et cette discipline nécessaires dans le personnel employé ; il voit comment chaque homme à son poste doit obéir aux ordres qui lui sont donnés par le conducteur. Tandis que le visiteur apprend ses fonctions d'ingénieur-directeur des travaux, il discerne souvent un bon ouvrier qui peut lui devenir un aide précieux dans ses entreprises, et il est rare que, de notre assentiment, des arrangements avantageux pour l'un et l'autre ne soient pas la suite de ces rencontres.

Les grands équipages de sonde que nous envoyons à l'étranger sont presque toujours accompagnés d'un directeur de travaux procuré par notre maison ; celui-ci forme, sur place, un ou deux contre-maîtres parmi les ouvriers du pays qui lui présentent le plus d'aptitude au métier.

Pour les travaux de la grande compagnie des chemins de fer russes, un de ses ingénieurs a été détaché de son service pour suivre nos travaux de sondages ; il a choisi trois contre-maîtres qui opèrent sous ses ordres dans chacun des trois grands ateliers de recherches établis pour découvrir de l'eau ou du charbon sur la ligne de Moscou à Théodosie.

On comprend qu'il est bien plus avantageux, lorsque cela est possible, de venir choisir soi-même les hommes que l'on doit emmener au loin ; on étudie mieux les aptitudes que l'on veut trouver en eux, leur caractère, etc. Comme le contrat à passer avec des employés que l'on veut expatrier est toujours onéreux, on ne saurait être trop circonspect sur leur choix. Tel ingénieur ne veut qu'un habile praticien, tel autre désire un homme capable de le suppléer au besoin. Dans le premier cas, on ne doit exiger que de la conduite, de l'obéisssance, et une certaine habitude du métier qui permette de bien exécuter les ordres reçus ; dans l'autre, il faut un directeur capable d'agir par lui-même, d'être plutôt un associé avec lequel on discute les mesures à prendre, qu'un instrument docile que l'on gouverne. Dans ce dernier cas surtout, on doit s'attacher à trouver un caractère qui sympathise avec le sien et avec les idées et les projets que l'on veut réaliser.

Quelques soins que nous mettions, lorsqu'on nous demande un personnel, à faire le choix le plus convenable, nous conservons toujours quelques appréhensions à ce sujet. Il nous faudrait presque, comme pour

l'outillage, demander des renseignements intimes très-délicats. Tel de nos bons contre-maîtres qui travaille bien avec tel directeur, devient très-difficile à mener sous les ordres d'un autre. Aussi dans les travaux que nous dirigeons, sommes-nous souvent embarrassés nous-mêmes dans la réunion du personnel.

Nous ne terminerons pas ces généralités sans prémunir les personnes qui s'intéressent à la découverte des sources contre les spéculations hasardées d'une certaine classe d'hommes qui se prétendent doués de la faculté de sentir les émanations des eaux souterraines, et que pour cette raison on appelle *hydroscopes*. Cette sensibilité particulière se révélerait d'une manière évidente au moyen d'une baguette de coudrier, de noisetier, d'aune, de hêtre, de pommier, courbe ou fourchue par un bout. L'opérateur tient la baguette horizontalement entre ses mains en la laissant libre de se mouvoir. Dès qu'il l'approche d'un endroit où il y a de l'eau, elle tourne plus ou moins rapidement entre ses doigts. Les adeptes de cette science ont longuement discuté sur les différentes manières de tenir la baguette, sur sa forme et sa nature; mais celle dont nous venons de parler semble la plus suivie. Nous n'avons jamais été témoins de semblables merveilles; notre présence, dit-on, paralysait les facultés de l'opérateur; inutile d'ajouter qu'entre nos mains, quelque bonne foi que nous mettions à laisser cette baguette magique libre de faire ses mouvements, elle restait inerte, quelque soin que nous prissions de l'approcher de courants d'eaux existants. Il en résulte donc, pour nous, une conviction bien sincère que la baguette est une complice très-obéissante, à laquelle le charlatanisme volontaire ou involontaire de l'hydroscope fait rendre les oracles de son imagination, oracles qui seraient bien plus sûrs s'ils s'appuyaient d'une observation attentive du sol et de la disposition des lieux, à l'exemple de l'abbé Paramelle qui, de nos jours, s'est fait une grande réputation par ce genre de sagacité. Ses observations très-judicieuses sont consignées dans le bon ouvrage qu'il a publié sur l'art de découvrir les sources.

De tout temps les magiciens, les sorciers, les devins se sont munis d'une baguette divinatoire, sans doute en souvenir de la verge miraculeuse de Moïse ou d'Aaron, ou de la baguette magique de Circé ou de Médée; de tout temps il s'est trouvé des savants qui ont discuté gravement sur sa puissance, et nous ne sommes pas encore très-éloignés de la fin du dix-septième siècle où la justice employait des hommes comme Aymar et Bléton pour découvrir avec ce moyen des crimes ou des

vols. Aujourd'hui on se contente heureusement de leur sacrifier des sommes dont on pourrait facilement faire un meilleur emploi. La baguette divinatoire a perdu cependant une grande partie de ses vertus. Si autrefois elle découvrait toute espèce de choses, métaux, trésors, crimes ou vols, aujourd'hui que son pouvoir semble se borner à la révélation de quelques sources superficielles, elle est en décadence.

Nous ne nous étendrons pas plus loin sur ce sujet; il nous suffira, pour expliquer ce fait et tant d'autres de même valeur, de transcrire une lettre de M. Chevreul à M. Ampère, *sur une classe particulière de mouvements musculaires;* la lettre de cet illustre savant, publiée en 1833 dans la *Revue des Deux Mondes*, dévoile les secrets de la baguette:

« Vous me demandez une description des expériences que je fis, en 1812, pour savoir s'il est vrai, comme plusieurs personnes me l'avaient assuré, qu'*un pendule formé d'un corps lourd et d'un fil flexible oscille lorsqu'on le tient à la main au-dessus de certains corps, quoique le bras soit immobile*. Vous pensez que ces expériences ont quelque importance; en me rendant aux raisons que vous m'avez données de les publier, qu'il me soit permis de dire qu'il a fallu toute la foi que j'ai en vos lumières pour me déterminer à mettre sous les yeux du public des faits d'un genre si différent de ceux dont je l'ai entretenu jusqu'ici. Quoi qu'il en soit, je vais, suivant votre désir, exposer mes observations; je les présenterai dans l'ordre où je les ai faites.

« Le pendule dont je me servis était un anneau de fer suspendu à un fil de chanvre; il avait été disposé par une personne qui désirait vivement que je vérifiasse moi-même le phénomène qui se manifestait lorsqu'elle le mettait au-dessus de l'eau, d'un bloc de métal ou d'un être vivant, phénomène dont elle me rendit témoin. Ce ne fut pas, je l'avoue, sans surprise que je le vis se reproduire, lorsqu'ayant saisi de la main droite le fil du pendule, j'eus placé ce dernier au-dessus du mercure de ma cuve pneumato-chimique, d'une enclume, de plusieurs animaux, etc. Je conclus de mes expériences que s'il n'y avait, comme on me l'assurait, qu'un certain nombre de corps aptes à déterminer les oscillations du pendule, il pourrait arriver qu'en interposant d'autres corps entre les premiers et le pendule en mouvement, celui-ci s'arrêterait. Malgré ma présomption, mon étonnement fut grand lorsqu'après avoir pris de la main gauche une plaque de verre, un gâteau de résine, etc., et avoir placé un de ces corps entre du mercure et le pendule qui oscillait au-dessus, je vis les oscillations diminuer d'amplitude et

s'anéantir entièrement. Elles recommencèrent lorsque le corps intermédiaire eut été retiré, et s'anéantirent de nouveau par l'interposition du même corps. Cette succession de phénomènes se répéta un grand nombre de fois, avec une constance vraiment remarquable, soit que le corps intermédiaire fût tenu par moi, soit qu'il le fût par une autre personne. Plus ces effets me paraissaient extraordinaires, et plus je sentais le besoin de vérifier s'ils étaient réellement étrangers à tout mouvement musculaire du bras, ainsi qu'on me l'avait affirmé de la manière la plus positive. Cela me conduisit à appuyer le bras droit, qui tenait le pendule, sur un support de bois, que je faisais avancer à volonté de l'épaule à la main et revenir de la main vers l'épaule. Je remarquai bientôt que, dans la première circonstance, le mouvement du pendule décroissait d'autant plus que l'appui s'approchait davantage de la main, et qu'il cessait lorsque les doigts qui tenaient le fil étaient eux-mêmes appuyés, tandis que, dans la seconde circonstance, l'effet contraire avait lieu ; cependant, pour des distances égales du support au fil, le mouvement était plus lent qu'auparavant. Je pensai, d'après cela, qu'il était très-probable qu'un mouvement musculaire, qui avait eu lieu à mon insu, déterminait le phénomène, et je devais d'autant plus prendre cette opinion en considération, que j'avais un souvenir, vague à la vérité, d'avoir été dans un *état tout particulier*, lorsque mes yeux suivaient les oscillations que décrivait le pendule que je tenais à la main.

« Je refis mes expériences, le bras parfaitement libre, et je me convainquis que le souvenir dont je viens de parler n'était pas une illusion de mon esprit; car je sentis très-bien qu'en même temps que mes yeux suivaient le pendule qui oscillait, il y avait en moi une disposition ou tendance au mouvement qui, tout involontaire qu'elle me semblait, était d'autant plus satisfaite, que le pendule décrivait de plus grands arcs; dès lors je pensai que si je répétais les expériences les yeux bandés, les résultats pourraient être tout différents de ceux que j'observais; c'est précisément ce qui arriva. Pendant que le pendule oscillait au-dessus du mercure, on m'appliqua un bandeau sur les yeux: le mouvement diminua bientôt ; mais quoique les oscillations fussent faibles, elles ne diminuaient pas sensiblement par la présence des corps qui avaient paru les arrêter dans mes premières expériences. Enfin, à partir du moment où le pendule fut en repos, je le tins encore pendant un quart d'heure au-dessus du mercure sans qu'il se remît en mouvement, et dans ce



temps-là, et toujours à mon insu, on avait interposé et retiré plusieurs fois, soit le plateau de verre, soit le gâteau de résine.

« Voici comment j'interprétai ces phénomènes :

« Lorsque je tenais le pendule à la main, un mouvement musculaire de mon bras, quoique insensible pour moi, fit sortir le pendule de l'état de repos, et les oscillations, une fois commencées, furent bientôt augmentées par l'influence que la vue exerça pour me mettre dans cet état particulier de disposition ou tendance au mouvement. Maintenant il faut bien reconnaître que le mouvement musculaire, lors même qu'il est accru par cette même disposition, est cependant assez faible pour s'arrêter, je ne dis pas sous l'empire de la volonté, mais lorsqu'on a simplement la pensée d'essayer si telle chose l'arrêtera. Il y a donc une liaison intime établie entre l'exécution de certains mouvements et l'acte de la pensée qui y est relative, quoique cette pensée ne soit point encore la volonté qui commande aux organes musculaires. C'est en cela que les phénomènes que j'ai décrits me semblent de quelque intérêt pour la psychologie, et même pour l'histoire des sciences ; ils prouvent combien il est facile de prendre des illusions pour des réalités, toutes les fois que nous nous occupons d'un phénomène où nos organes ont quelque part, et cela dans des circonstances qui n'ont pas été analysées suffisamment.

« En effet, que je me fusse borné à faire osciller le pendule au-dessus de certains corps, et aux expériences où ses oscillations furent arrêtées, quand on interposa du verre, de la résine, etc., entre le pendule et les corps qui semblaient en déterminer le mouvement, et certainement je n'aurais point eu de raison pour ne pas croire à la baguette divinatoire et à autre chose du même genre. Maintenant on concevra sans peine comment des hommes de très-bonne foi, et éclairés d'ailleurs, sont quelquefois portés à recourir à des idées chimériques pour expliquer des phénomènes qui ne sortent pas réellement du monde physique que nous connaissons[1]. Une fois convaincu que rien d'extraordinaire n'existait

[1] « Je conçois très-bien qu'un homme de bonne foi, dont l'attention tout entière est fixée sur le mouvement qu'une baguette qu'il tient entre ses mains peut prendre, par une cause qui lui est inconnue, pourra recevoir, de la moindre circonstance, la tendance au mouvement nécessaire pour amener la manifestation du phénomène qui l'occupe. Par exemple, si cet homme cherche une source, s'il n'a pas les yeux bandés, la vue d'un gazon vert, abondant, sur lequel il marche, pourra déterminer en lui, à son insu, le mouvement musculaire

dans les effets qui m'avaient causé tant de surprise, je me suis trouvé dans une disposition si différente de celle où j'étais la première fois que je les observais, que, longtemps après, et à diverses époques, j'ai essayé, mais toujours en vain, de les reproduire. En invoquant votre témoignage sur un fait qui s'est passé sous mes yeux, il y a plus de douze ans, je prouverai à nos lecteurs que je ne suis pas la seule personne sur qui la vue ait eu l'influence pour déterminer les oscillations d'un pendule tenu à la main. Un jour où j'étais chez vous avec le général P.... et plusieurs autres personnes, vous vous rappelez sans doute que mes expériences devinrent un des sujets de la conversation; que le général manifesta le désir d'en connaître les détails, et qu'après les lui avoir exposés, il ne dissimula pas combien l'influence de la vue sur le mouvement du pendule était contraire à toutes ses idées. Vous vous rappelez que, sur ma proposition d'en faire lui-même l'expérience, il fut frappé d'étonnement lorsqu'après avoir mis la main gauche sur ses yeux pendant quelques minutes, et l'en avoir retirée ensuite, il vit le pendule, qu'il tenait de la main droite, absolument immobile, quoiqu'il oscillât avec rapidité au moment où ses yeux avaient cessé de le voir.

« Les faits précédents et l'interprétation que j'en avais donnée m'ont conduit à les enchaîner à d'autres que nous pouvons observer tous les jours; par cet enchaînement, l'analyse de ceux-ci devient à la fois et plus simple et plus précise qu'elle ne l'a été, en même temps que l'on forme un ensemble de faits dont l'interprétation générale est susceptible d'une grande extension. »

capable de déranger la baguette, par la liaison établie entre l'idée de la végétation active et celle de l'eau. »

II

CONDITIONS DE SONDAGE. — VENTES DE SONDES.

Conditions de sondage.

Nous nous chargeons d'entreprendre les travaux de sondage, quel que soit, du reste, le but des recherches, suivant quatre modes différents :

1° *Le mode à la journée;*

2° *Le mode au mètre;*

3° *Le mode mixte;*

4° *Le mode de location.*

Quel que soit le mode adopté, le propriétaire garde à sa charge : les frais de voyage du personnel, pour l'aller et le retour, et de transport du matériel pour l'aller, le retour et pendant la durée des travaux ; les frais d'enclôture et de couverture de l'équipage, si le sondage doit se faire dans un endroit non clos ; la construction, le montage et le démontage d'une chèvre, sauf pour les travaux de Paris et des environs, pour lesquels nous joignons celle-ci à l'outillage ; la construction du fourneau et de la cheminée pour le montage d'une chaudière ; la construction d'une forge et de son outillage dans les travaux d'une certaine importance, et les frais d'enregistrement du marché si cela était ou devenait nécessaire. Il se charge, en outre, des frais de douane à l'entrée et à la sortie, si les travaux ont lieu à l'étranger. Il est dispensé des frais de retour de tout ou partie du personnel et du matériel, si nous en avons l'emploi dans le voisinage.

Mode à la journée.

Le mode de journée est le plus rationnel de tous, lorsqu'aucun travail n'a encore été fait dans la localité. Le personnel est alors placé, pour l'emploi du temps, sous la surveillance du propriétaire ou de l'administration pour le compte desquels les travaux s'exécutent.

La paye du personnel de toute nature, la fourniture, l'entretien et la réparation du matériel, la fourniture, le montage et l'alimentation d'une machine à vapeur et de sa chaudière, si nous jugeons utile d'en

faire emploi, sont à notre charge moyennant un prix de journée augmenté progressivement par série de 50 mètres. Les journées de travail comprennent le temps employé à l'installation et au sondage, comme celui employé au tubage, à l'alésage du trou de sonde et à la réparation des accidents.

Leur durée est de onze heures, non compris le temps des repas, et elles se payent le double si le travail est continué de jour et de nuit. Il en est de même si pour certains travaux extraordinaires on doit suspendre le travail de nuit et réunir les deux brigades pour ne travailler que de jour. Si le travail est suspendu par le fait ou la volonté du propriétaire, il nous est dû une indemnité de chômage en remplacement du prix de journée, indemnité double si le travail est suspendu de jour et de nuit.

Le propriétaire conserve à sa charge la fourniture des tuyaux de retenue si les terrains en exigent le placement. Nous nous chargeons de les fournir et, pour les travaux de peu d'importance, de les louer pour un temps déterminé avec augmentation mensuelle. Ils sont considérés comme acquis après un délai d'une année. Ceux qui restent dans le trou de sonde ou qu'on en retire détériorés nous sont payés à notre prix de vente d'après leur diamètre.

Nous nous chargeons aussi de fournir les tuyaux d'ascension, en cuivre ou en bois, à poser après obtention d'eaux ascendantes ou jaillissantes.

Il nous revient une prime calculée sur l'importance du travail après obtention d'eau jaillissante ou rencontre de mines de nature à être exploitées, à moins que celle-ci n'ait lieu dans une concession déjà accordée.

Mode au mètre.

Le mode au mètre est plus coûteux parce que, courant des chances aléatoires, nous devons les calculer en notre faveur. Les prix auxquels on peut traiter varient beaucoup, suivant la nature des terrains à traverser et les diamètres à donner au forage, et il n'y a guère que dans les localités où de nombreux sondages ont été exécutés, comme à Paris et aux environs, ou dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, où il y ait quelque avantage à employer ce mode. Comme il est une espèce de forfait, nous ne traitons qu'après examen des lieux fait par nous ou l'un de nos ingénieurs, et aux frais du propriétaire.

Les journées employées à aléser le trou de sonde, à descendre et retirer les tuyaux, sont constatées contradictoirement par le propriétaire et notre représentant, et se payent d'après les prix du mode à la journée, comme celles provenant de chômage par le fait ou la volonté du propriétaire. Si ce dernier se charge de fournir les tubes de retenue, ils doivent être conformes, pour la qualité de la tôle et pour l'exécution, au modèle que nous remettons, et s'ils n'étaient pas sur place quand leur emploi serait nécessaire, l'indemnité de chômage nous serait due jusqu'à leur arrivée à destination, et l'on réglerait le travail au prix de journée pendant le temps nécessaire pour mettre le forage en état de les recevoir.

Mode mixte.

Quelquefois une commune ou un propriétaire, voulant être fixés sur la dépense à faire pour atteindre une profondeur donnée, ont choisi dès le principe le mode de forage au mètre courant, tout en nous réglant d'après les conditions du mode à la journée, à charge par eux de partager avec nous la moitié de l'économie que ce dernier leur procure, et sans être tenus cependant à payer plus que le prix par le mode au mètre si le travail revenait plus cher par le mode à la journée.

D'autres fois, et plusieurs compagnies houillères ont adopté récemment ce dernier mode, le travail se fait et se règle aux conditions du mode à la journée, après une réduction sur le prix, variable suivant l'importance du travail et les ressources locales, à charge de faire, en fin de travail, le calcul de son prix de revient d'après le mode au mètre, et de nous tenir compte de la moitié de l'économie résultant du choix du mode à la journée à prix réduit. Dans les deux cas, les journées de tubage, d'alésage et de chômage se règlent toujours à part et n'entrent pas dans le chiffre du prix de revient du travail à la journée à défalquer du prix de revient par le mode au mètre. Ces deux modes partagent les chances aléatoires que présentent toujours les sondages au mètre courant.

Mode de location.

Le mode de location est adopté par le propriétaire qui veut conduire lui-même son travail ou dispose d'un personnel. C'est de cette manière que se font le plus généralement les travaux des compagnies de recherches de mines, et c'est l'un des modes de traité le plus écono-

mique sans contredit. Le propriétaire se charge, dans ce cas, en outre des frais communs aux autres modes, de tous ceux sans exception que nécessitent les travaux de forage, tels que paye du personnel de toute nature, entretien, réparation de l'outillage, remplacement des outils perdus ou détériorés que nous fournissons, montage et alimentation d'une machine à vapeur et de sa chaudière moyennant un prix de location par jour ou par mois proportionnel à l'importance du matériel fourni et à la force de la machine à vapeur que nous y joignons, si on le désire, avec ou sans la chaudière et la tuyauterie.

Conduisant lui-même le travail où nous ne sommes plus que conseils, le propriétaire en a toute la responsabilité, tant pour le sondage que pour le personnel, entier, que nous le lui ayons cédé ou qu'il se le soit procuré lui-même.

Ventes de sondes.

Si les travaux de sondages doivent être nombreux sur le même point, se répéter pendant un certain laps de temps, ou s'ils doivent être faits à une grande distance de France qui rende difficile de traiter avec un entrepreneur, le propriétaire a plus d'avantage à acquérir le matériel et à faire lui-même ses travaux, soit seul, pour les sondages de peu d'importance, soit avec l'aide d'un homme du métier, s'il doit descendre à une certaine profondeur et surtout dans des terrains difficiles.

Bien qu'il ne soit guère possible, comme nous l'avons dit ailleurs, de fixer à priori la valeur d'un outillage pour une profondeur déterminée, valeur très-variable suivant la nature des terrains, les besoins du tubage, le diamètre à employer et les ressources locales, on peut cependant faire une série de prix minimum et maximum qu'il peut y avoir quelque intérêt à connaître, quitte à faire un devis précis lorsqu'on est fixé sur le travail à entreprendre.

Sonde Palissy pour 2 mètres de profondeur,		25	et	30 fr.
Petites sondes n° 6, de 4 à 5 mètres, suivant qu'elles sont plus ou moins complètes,	de	80	à	150
Sonde n° 6 de 10 mètres, avec chèvre à 3 montants et un diamètre d'outils,	de	260	à	300
Sonde n° 6 de 12 à 15 mètres, avec chèvre à 3 montants, deux diamètres d'outils et tubes,	de	350	à	500

Sonde n° 5 de 20 à 25 mètres,	de	500	à	600
— avec deux diamètres d'outils et tubes,	de	800	à	1000
Sonde n° 5 de 20 à 25 mètres avec deux diamètres d'outils, plus complète, avec chèvre,	de	1000	à	1200
Sonde n° 4 de 30 mètres avec deux diamètres d'outils et tubes,	de	1200	à	1500
Sonde n° 4 de 30 mètres avec deux diamètres d'outils, plus complète, tubes pour deux diamètres et treuil,	de	1500	à	2000
Sonde n° 4 de 40 mètres avec deux diamètres d'outils, plus complète, tubes pour deux diamètres et treuil,	de	2000	à	2500
Sonde n° 3-4 de 60 mètres avec trois diamètres d'outils, treuil et deux diamètres de tubes,	de	5000	à	6000
Sonde n° 2-3 de 100 mètres avec trois diamètres d'outils, treuil et deux diamètres de tubes,	de	6000	à	8000
Sonde n° 1-2 de 150 à 200 mètres, plus ou moins complète, tubages compris,	de	10000	à	15000
Sonde n° 0-1 de 200 à 250 mètres, plus ou moins complète, tubages compris,	de	18000	à	20000
Sonde n° 0-2 de 250 à 300 mètres, plus ou moins complète, tubages compris,	de	25000	à	30000
Sonde n° 0-3 de 300 mètres et au delà, complète, avec pièces de manége ou machine et tubages,	de	40000	à	50000

Au prix du devis à établir il y a à joindre 3 p. 100, pour caisses et emballage.

FIN DU TOME SECOND.

TABLE MÉTHODIQUE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

CHAPITRE SEPTIÈME

DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE SONDAGE.

CHAPITRE HUITIÈME

(PREMIÈRE PARTIE.)

DES DIFFÉRENTS INSTRUMENTS DE SONDAGE ET DE CEUX QUI SERVENT A LES METTRE EN ŒUVRE.

CHAPITRE HUITIÈME

(DEUXIÈME PARTIE.)

TUBAGES.

FIN DE LA TABLE DU SECOND VOLUME.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS LES DEUX VOLUMES.

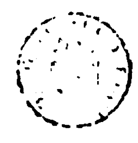
C

D

E

T

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE.



Paris. — Imp. P.-A. Bourdier et Cie, rue Mazarine, 30





